

Anejo I: Emplazamiento

Anejo I: Emplazamiento

1	Introducción a la localización de la edificación	3
2	Localización polígonos industriales	3
3	Análisis del terreno	4
4	Información catastral de la parcela	5
5	Información del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU)	7

Índice de figuras

<i>Figura 1: Localización Alcoy. ORIGEN: "Google Earth "</i>	3
<i>Figura 2:Parques industriales de la zona. ORIGEN: https://www.ivace.es/</i>	4
<i>Figura 3: Parcelas preseleccionadas. ORIGEN: "Google Earth"</i>	4
<i>Figura 4: Perfil de elevación parcela 1 (E1)</i>	5
<i>Figura 5: Perfil de elevación parcela 2 (E2)</i>	5
<i>Figura 6: Perfil de elevación parcela 3 (E3)</i>	5
<i>Figura 7: Detalles de la parcela. ORIGEN: https://www.sedecatastro.gob.es/</i>	6
<i>Figura 8: Detalles de la parcela ORIGEN: https://www.sedecatastro.gob.es/</i>	6
<i>Figura 9: Emplazamiento de la edificación (catastro)</i>	7

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Detalles de las parcelas</i>	6
<i>Tabla 2. Requisitos PGOU</i>	8

1 Introducción a la localización de la edificación

Para la selección del emplazamiento de la planta de producción de hidrógeno se han tenido en cuenta diferentes factores de importancia relevante como, por ejemplo: la disponibilidad de mano de obra, la capacidad de suministro de materias primas, la disponibilidad de energía eléctrica, la geografía, el clima y el suelo, entre otros.

Los principales clientes del combustible producido se encontrarán repartidos por toda la península ibérica. Además, la demanda de hidrógeno en los países miembros la Unión Europea se prevé que sea elevada dadas sus políticas medioambientales y la mentalidad de protección del medioambiente instaurada en estas regiones. Teniendo en cuenta estas consideraciones se procede a acotar la zona de búsqueda en una localidad cercana al puerto de Alicante para realizar las exportaciones y con suficientes recursos hídricos para abastecer la planta de producción, ya que el agua será su principal materia de operación.

Tras el estudio de los diferentes emplazamientos se procede a la selección del emplazamiento de la planta de producción en el municipio de Alcoy, Alicante, dado su potencial industrial, la disponibilidad de mano de obra y los potentes recursos hídricos de la zona destacando el manantial del Molinar.



Figura 1: Localización Alcoy. ORIGEN: "Google Earth "

2 Localización polígonos industriales

Ayudándonos de la herramienta que proporciona el "Institut Valencià de Competitivitat Empresarial" (IVACE), se procede a la consulta de los diferentes parques empresariales existentes en el municipio de Alcoy para la selección del emplazamiento.



Figura 2: Parques industriales de la zona. ORIGEN: <https://www.ivace.es/>

Tras una rigurosa inspección entre los diferentes posibles emplazamientos se decide fijar como objetivo el establecimiento de la industria entre el polígono industrial de La Beniata y el polígono El Clérigo dada su proximidad con el manantial del Molinar.

Por lo que concierne a la mano de obra disponible, se considera una zona ideal dado que se trata de una zona periférica al núcleo urbano de la ciudad de Alcoy, donde se concentrará la principal fuente de mano de obra de la planta.

3 Análisis del terreno

Una vez estudiados los diferentes espacios disponibles de los polígonos mencionados anteriormente se ha procedido a la selección de las mejores parcelas quedando así tres opciones diferentes para la selección final.



Figura 3: Parcelas preseleccionadas. ORIGEN: "Google Earth"

A continuación, con la herramienta de “Google Earth” se ha procedido a realizar un estudio aproximado del perfil de elevación de terreno de las parcelas preseleccionadas arrojando los siguientes valores:

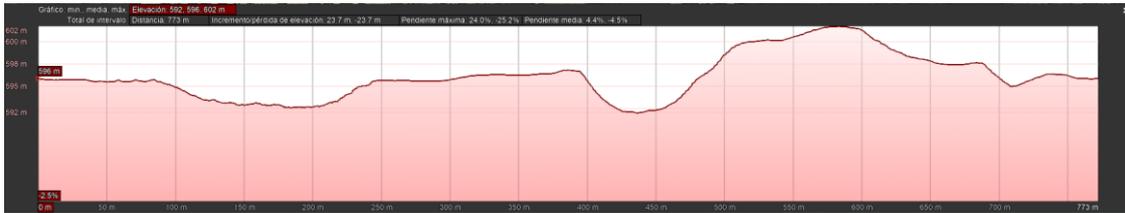


Figura 4: Perfil de elevación parcela 1 (E1)



Figura 5: Perfil de elevación parcela 2 (E2)



Figura 6: Perfil de elevación parcela 3 (E3)

Como se puede observar en la Figura 4, la altura del punto más alto es de 602 m, mientras que la altura del punto más bajo es de 592, por lo que el desnivel máximo de la parcela es de 10 metros.

Sin embargo, como se puede observar en la Figura 5 y en la Figura 6, sus desniveles máximos son de 21 metros y de 48 metros respectivamente, por lo que los costes de ejecución de obra serían más elevados que en la parcela 1, siendo su localización prácticamente colindante y estando todas ellas alejadas del núcleo urbano para así evitar posibles problemas de fugas etc. Considerando que la planta de producción operará con combustibles altamente inflamables, se procede a la selección del emplazamiento en la parcela 1 siendo este el más óptimo de todos los propuestos.

Cabe destacar que para optimizar los trabajos se ha realizado un estudio del movimiento de tierras el cuál se ha plasmado en un plano, el cual se puede encontrar en el documento de: Planos y concretamente se corresponde con el Plano 2: Plano de movimiento de tierras.

4 Información catastral de la parcela

Tras la selección de la parcela para instaurar la planta industrial, se procede a la obtención de información en la sede del catastro del gobierno de España, siendo la información obtenida la siguiente:

Referencia Catastral	Dirección	Uso	Superficie construida	Año	Participación
8952712YH1885S 0001TE	SC SECTOR EL CLERIGO Suelo PARCELA NUMERO 2 - A	Suelo sin edif., obras urbaniz., jardinería, constr. ruinosa	0	0	100%
8952713YH1885S	SC SECTOR EL CLERIGO PARCELA NUMERO 8	Suelo sin edif., obras urbaniz., jardinería, constr. ruinosa	0	0	100%

Tabla 1: Detalles de las parcelas

A continuación, se adjuntan las imágenes obtenidas directamente a través de la página web del catastro en la cual se pueden observar las dimensiones de las parcelas además de otros datos referentes a las mismas. Como se puede observar en las características, la superficie de la parcela es mayor a la que va a ser ocupada por la nave, sin embargo; y dado que se trata de un proyecto pionero en la comunidad valenciana, se decide elegir este emplazamiento para así poder crear futuras ampliaciones dependiendo de los resultados obtenidos en los primeros años de funcionamiento de la industria. Además, la elevada superficie de la parcela permitirá disponer placas solares con el fin de abaratar los costes eléctricos de los consumos producidos por las máquinas de hidrólisis encargadas de generar el hidrógeno.

Figura 7: Detalles de la parcela. ORIGEN: <https://www.sedecatastro.gob.es/>Figura 8: Detalles de la parcela ORIGEN: <https://www.sedecatastro.gob.es/>

A continuación, se adjunta una imagen en la cual se pueden observar las parcelas seleccionadas como emplazamiento de la futura planta de producción, dichas parcelas se pueden observar remarcadas en rojo dentro del marco general de la imagen el cual se corresponde al polígono industrial El Clérigo.



Figura 9: Emplazamiento de la edificación (catastro)

5 Información del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU)

Del plan general de ordenanza urbanística (PGOU) se ha extraído la siguiente información relevante referente a las edificaciones industriales localizadas en el municipio de Alcoy, al cual pertenece la parcela en la cual se va a proyectar la nave industrial con funciones de planta de producción de hidrógeno. La parcela deberá de cumplir los siguientes requisitos tal y como queda establecido en los siguientes documentos:

Del artículo 454 “Condiciones de ocupación en la edificación”, del PGOU, se dicta:

- Ocupación máxima de la parcela debe ser del 75%.
- Será obligatorio un retranqueo no inferior a 3 metros en los linderos laterales y al testero de la parcela.

Del artículo 455 “Condiciones de ocupación en la edificación”, del PGOU, se dicta:

- La altura máxima será de dos plantas no pudiendo sobrepasar ningún elemento de la cubierta la altura de 10 metros. Por encima de ésta se admitirán únicamente chimeneas y demás elementos necesarios para el funcionamiento de la actividad industrial a desarrollar.

Del artículo 456 “Condiciones estéticas”, del PGOU, se dicta:

- Todos los paramentos exteriores tendrán consideración de fachadas, debiendo por tanto emplearse materiales y acabados adecuados a su carácter.

A continuación, se adjunta un cuadro resumen con los requisitos mínimos de edificación mencionados anteriormente:

Resumen requisitos establecidos en el Plan General de ordenanza urbanística (PGOU)	
Máxima ocupación de la parcela	75%
Retranqueo mínimo medianeras	3 metros
Retranqueo mínimo testeros	3 metros
Altura máxima	10 metros
Condiciones estéticas	“materiales y acabados adecuados a su carácter”

Tabla 2. Requisitos PGOU

Anejo II: Cálculo estructural

Anejo II: Cálculo Estructural

1	Datos de cálculo	5
1.1	Coeficientes de pandeo.....	5
1.1.1	Pilares pórticos intermedios.....	5
1.1.2	Pilares intermedios de los pórticos testeros y pilares de forjado	5
1.1.3	Dinteles.....	6
1.1.4	Vigas contraviento y vigas perimetrales	6
1.1.5	Vigas de forjado.....	6
1.1.6	Cruces de San Andrés	6
1.1.7	Correas	7
1.2	Flechas permisibles	7
1.2.1	Pilares interiores	7
1.2.2	Pilares testeros intermedios	7
1.2.3	Dinteles.....	7
1.2.4	Correas	7
1.2.5	Vigas de forjado y vigas de atado.....	7
1.2.6	Cruces de San Andrés	8
1.2.7	Correas	8
2	Normativa.....	8
3	Acciones	8
3.1	Clasificación de las acciones según su naturaleza.....	8
3.2	Acciones consideradas	9
3.2.1	Acciones permanentes (G)	9
3.2.2	Acciones variables (Q)	9
3.2.3	Acciones accidentales (A).....	9
3.3	Cargas aplicadas para el dimensionamiento.....	9
3.3.1	Cargas permanentes cubierta	10
3.3.2	Cargas permanentes forjado.....	11
3.3.3	Cargas variables cubierta	12
3.3.4	Cargas variables en el forjado	20
3.3.5	Acciones térmicas.....	21
3.3.6	Acciones accidentales	22
4	Dimensionado de pilares.....	23
4.1	Comprobación de los pilares de los pórticos intermedios.....	23

4.1.1	Cálculo de resistencia a flexión eje Y:	25
4.1.2	Comprobación por radio de giro:	26
4.1.3	Comprobación por pandeo	26
4.1.4	Cálculo de la carga axil crítica:.....	27
4.1.5	Cálculo de la esbeltez reducida:.....	27
4.1.6	Comprobación de los ELS (Estado límite de Servicio):	29
4.2	Comprobación del pilar intermedio del pórtico testero o hastial	29
4.2.1	Cálculo de resistencia a flexión eje Y:	31
4.2.2	Comprobación por radio de giro:.....	32
4.2.3	Cálculo de la carga axil crítica:.....	32
4.2.4	Cálculo de la esbeltez reducida:.....	32
4.2.5	Comprobación de los ELS (Estado límite de Servicio):	33
4.3	Comprobación del primer tramo pilar intermedio del pórtico testero o hastial.....	34
4.3.1	Cálculo de resistencia a flexión eje Y:	36
4.3.2	Comprobación por radio de giro:.....	37
4.3.3	Cálculo de la carga axil crítica:.....	37
4.3.4	Cálculo de la esbeltez reducida:.....	37
4.3.5	Comprobación de los ELS (Estado límite de Servicio):	38
4.4	Comprobación del segundo tramo del pilar intermedio del pórtico testero o hastial. 39	
4.4.1	Cálculo de resistencia a flexión eje Y:	41
4.4.2	Comprobación por radio de giro:.....	42
4.4.3	Cálculo de la carga axil crítica:.....	42
4.4.4	Cálculo de la esbeltez reducida:.....	42
4.4.5	Comprobación de los ELS (Estado límite de Servicio):	43
5	Dimensionado de dinteles.....	44
6	Dimensionado de correas	44
7	Dimensionado de zapatas	44
8	Dimensionado de vigas de atado	44
9	Dimensionado de placas de anclaje	44
10	Dimensionado de uniones.....	44
11	Dimensionado de vigas y pilares de forjado	44

Índice de figuras

Figura 1: Distribución de cargas en los pórticos	10
Figura 2: Características del Panel 5 Greca. ORIGEN: https://www.panelsandwich.com/	10
Figura 3: Cargas permanentes	11
Figura 4: Carga permanente vigas perimetrales forjado	12
Figura 5: Tabla 3.1 DB SE-AE	13
Figura 6: Sobrecarga de uso	13
Figura 7: Figura E.2 Zonas climáticas de invierno: ORIGEN: DB SE-AE	14
Figura 8: Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m ²). ORIGEN: DB SE-AE	14
Figura 9: Carga nieve 1	15
Figura 10: Carga nieve 2	15
Figura 11: Carga de nieve 3	16
Figura 12: Zona eólica. ORIGEN: CTE DB SE-AE Anejo D.	17
Figura 13: V0° H1	19
Figura 14: V0° H2	19
Figura 15: V180° H1	20
Figura 16: V180° H2	20
Figura 17: V90° H1	20
Figura 18: V270° H1	20
Figura 19: Tabla 3.1 DB SE-AE	21
Figura 20: Cargas variables vigas de forjado perimetral	21
Figura 21: Pilar central más solicitado	23
Figura 22: Datos perfil HEB 220	24
Figura 23: Perfil HEB. ORIGEN: https://www.construmatica.com/	25
Figura 24: Tabla 35.1.2.a EAE 2011	27
Figura 25: Tabla 35.1.2.B EAE 2011	28
Figura 26: Pilar pórtico testero más solicitado	30
Figura 27: Datos perfil HEB 180	30
Figura 28: Perfil HEB. ORIGEN: https://www.construmatica.com/	31
Figura 29: Tramo inferior pilar pórtico testero	34
Figura 30: Datos perfil HEB 180	35
Figura 31: Perfil HEB. ORIGEN: https://www.construmatica.com/	36
Figura 32: Datos perfil HEB 180	40
Figura 33: Esfuerzos solicitantes de cálculo pésimo	40
Figura 34: Perfil HEB. ORIGEN: https://www.construmatica.com/	41
Figura 35: Parámetros HEB 180	41

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Coeficientes de pandeo</i>	5
<i>Tabla 2: Clases de cargas</i>	8
<i>Tabla 3: Datos generales viento</i>	17
<i>Tabla 4: Cargas de viento ($V0^\circ$)</i>	18
<i>Tabla 5: Cargas de viento ($V180^\circ$)</i>	18
<i>Tabla 6: Cargas de viento ($V90^\circ$)</i>	19
<i>Tabla 7: Cargas de viento ($V270^\circ$)</i>	19
<i>Tabla 8: Datos cálculo sismorresistente</i>	23
<i>Tabla 9: Esfuerzos solicitantes de cálculo pésimo</i>	24
<i>Tabla 10: Parámetros HEB 220B</i>	25
<i>Tabla 11: Esfuerzos solicitantes de cálculo pésimo</i>	31
<i>Tabla 12: Parámetros HEB 180</i>	31
<i>Tabla 13: Esfuerzos solicitantes de cálculo pésimo</i>	35
<i>Tabla 14: Parámetros HEB 180</i>	36
<i>Tabla 15: Tramo superior pilar pórtico testero</i>	39

1 Datos de cálculo

1.1 Coeficientes de pandeo

Los coeficientes de pandeo aplicados al dimensionamiento de la estructura vendrán dados por el CTE DB SE-A en su apartado 6.3.2, los cuales podrán verse reflejados en la tabla que se muestra a continuación:

Condiciones de extremo	Biarticulada	Biempotrada	Empotrada-Articulada	Biempotrada desplazable	En ménsula
β	1	0,5	0,7	1	2

Tabla 1: Coeficientes de pandeo

1.1.1 Pilares pórticos intermedios

En el plano XY: $\beta = 0,7$.

El pilar se encuentra empotrado en su base y apoyado en cabeza por la viga perimetral que a su vez tiene un punto fijo gracias a los arriostramientos en los paños laterales. Además, los paneles de hormigón aligerado que se dispondrán como cerramiento lateral arriostrarán el movimiento de los pilares en este plano por lo que se puede asegurar que a no ser que se produzca una rotura de los paneles, los pilares quedarán arriostrados en este plano por el cerramiento. Sin embargo, se supone este valor de beta suponiendo el caso más desfavorable.

En el plano XZ: $\beta = 1,4$.

Para realizar el cálculo más desfavorable y tener en consideración la esbeltez, la beta de pandeo en este plano deberá de oscilar entre 1,2 y 1,5 en el caso del proyecto se considera una beta de pandeo con valor de 1,4 dado que es el valor intermedio más desfavorable.

1.1.2 Pilares intermedios de los pórticos testeros y pilares de forjado

En el plano XY: $\beta = 0,7$.

El extremo inferior del pilar el nudo se encontrará empotrado y el nudo superior quedará articulado dado que existirán puntos fijos gracias a las vigas contraviento que se disponen en la cabeza de los pilares.

En el plano XZ: $\beta = 0,7$.

El extremo inferior del pilar será empotrado y el nudo superior quedará articulado al dintel del pórtico testero gracias a los arriostramientos generados por las cruces de San Andrés.

En el caso de de los pilares testeros intermedios que albergan las vigas de forjado, en vista del cálculo se considerarán dos tramos en cuanto a las betas de pandeo se refiere. El tramo inferior tendrá una beta de pandeo en ambos ejes de: $\beta=0,7$ dado que se considerará empotrado en su base y articulado en su cabeza. El tramo superior tomará un valor de: $\beta=1$ en ambos ejes dado que se considerará articulado tanto en su cabeza como en su base, suponiendo el caso más desfavorable.

1.1.3 Dinteles

En el plano XY: $\beta = 0,1$.

Dado que las correas dispuestas en la cubierta arriostrarán los dinteles en este plano se introducirá la longitud de pandeo equivalente a la separación entre correas. Sin embargo, cabe destacar que en este plano será casi imposible que exista pandeo por la función de arriostamiento estructural que ejercen las correas.

En el plano XZ: $\beta = 1$.

Los pórticos interiores al no disponer de un cerramiento que pueda arriostrar los dinteles en este plano se tendrán que considerar traslacionales y, por tanto, se considerará que los dinteles se encuentran biapoyados en sus extremos.

En el caso de los dinteles de los pórticos testers, las betas de pandeo serán las mismas, pero se tendrá en cuenta que estos apoyan en los 5 pilares que se disponen en los pórticos, por lo que las longitudes de pandeo se verán reducidas drásticamente a las distancias entre pilares: 5m.

1.1.4 Vigas contraviento y vigas perimetrales

En el plano XY: $\beta = 0$.

En el plano XZ: $\beta = 0$.

Estos elementos estructurales no funcionarán bajo compresión dado que esto significaría el colapso de la estructura. Puesto que no han sido diseñados para esto, no se atenderá a esta casuística. Por lo tanto, no sería necesario calcular el pandeo ya que estas vigas se interpretarán como elementos secundarios que arriostran la cabeza de los pilares y los dinteles y trabajarán siempre a tracción.

1.1.5 Vigas de forjado

En el plano XY: $\beta = 0$.

Las vigas de forjado estarán impedidas en el plano XY dado que se dispondrá el forjado de oficinas el cuál impedirá el pandeo del perfil en dicho plano.

En el plano XZ: $\beta = 1$.

Aunque no sería necesario considerar el pandeo en este eje y se podría igualar al valor: 0, dado que las vigas de forjado no trabajarán a compresión, se tiene en cuenta dicho valor posicionándose del lado de la seguridad y asumiendo que el elemento estructural no se encontrará impedido en el eje XY, por tanto, cuando este flexe, el ala superior de la viga se verá sometida a un esfuerzo de compresión.

1.1.6 Cruces de San Andrés

En el plano XY: $\beta = 0$.

En el plano XZ: $\beta = 0$.

Las cruces de San Andrés no deberán de llevar asignado ningún valor de pandeo dado que estos tirantes podrán pandear libremente. Además, poseerán una esbeltez muy elevada por lo que no podrán trabajar a compresión, por lo tanto, se ignoran las capacidades resistentes de dichos elementos ante esta solicitud.

1.1.7 Correas

En el plano XY: $\beta = 0$.

Las correas estarán impedidas en el plano XY dado que se dispondrá el panel sándwich el cuál impedirá el pandeo del perfil en dicho plano.

En el plano XZ: $\beta = 1$.

Se tiene en cuenta dicho valor posicionándose del lado de la seguridad y asumiendo que el elemento estructural no se encontrará impedido en el eje XZ, por tanto, cuando este flecte, el ala superior de la viga se verá sometida a un esfuerzo de compresión.

1.2 Flechas permisibles

1.2.1 Pilares interiores

Se ha definido una flecha límite en todos los planos de $(L/300)$ con la finalidad de que no se aprecien deformaciones en los puntos más alejados de los apoyos y no se comprometa la integridad de los cerramientos ya que en caso de que las flechas permisibles fueran superiores, se correría el riesgo de que en los puntos donde la flecha es máxima, los elementos que se encontraran por debajo sufrieran un esfuerzo de compresión generado por la deformación de los elementos estructurales y pudiesen ver afectada su integridad o estética.

1.2.2 Pilares testeros intermedios

Se ha definido una flecha límite en todos los planos de $(L/300)$ con la finalidad de que no se aprecien deformaciones en los puntos más alejados de los apoyos y no se comprometa la integridad de los cerramientos ya que en caso de que las flechas permisibles fueran superiores, se correría el riesgo de que en los puntos donde la flecha es máxima, los elementos que se encontraran por debajo sufrieran un esfuerzo de compresión generado por la deformación de los elementos estructurales y pudiesen ver afectada su integridad o estética.

1.2.3 Dinteles

Se ha definido una flecha límite en todos los planos de $(L/300)$ con la finalidad de que no se aprecien deformaciones en los puntos más alejados de los apoyos y no se comprometa la integridad de los cerramientos ya que en caso de que las flechas permisibles fueran superiores, se correría el riesgo de que en los puntos donde la flecha es máxima, los elementos que se encontraran por debajo sufrieran un esfuerzo de compresión generado por la deformación de los elementos estructurales y pudiesen ver afectada su integridad o estética.

1.2.4 Correas

Se ha definido una flecha límite en todos los planos de $(L/300)$ con la finalidad de que no se aprecien deformaciones en los puntos más alejados de los apoyos y no se comprometa la integridad de los cerramientos ya que en caso de que las flechas permisibles fueran superiores, se correría el riesgo de que en los puntos donde la flecha es máxima, los elementos que se encontraran por debajo sufrieran un esfuerzo de compresión generado por la deformación de los elementos estructurales y pudiesen ver afectada su integridad o estética.

1.2.5 Vigas de forjado y vigas de atado

Se ha definido una flecha límite en todos los planos de $(L/300)$ con la finalidad de que no se aprecien deformaciones en los puntos más alejados de los apoyos y no se comprometa la integridad de los cerramientos ya que en caso de que las flechas permisibles fueran superiores, se correría el riesgo de que en los puntos donde la flecha es máxima, los elementos que se

encontraran por debajo sufrieran un esfuerzo de compresión generado por la deformación de los elementos estructurales y pudiesen ver afectada su integridad o estética.

1.2.6 Cruces de San Andrés

No se ha definido ningún valor de flecha límite.

1.2.7 Correas

Se ha definido una flecha límite en todos los planos de $L/300$ con la finalidad de que no se aprecien deformaciones en los puntos más alejados de los apoyos y no se comprometa la integridad de los cerramientos ya que en caso de que las flechas permisibles fueran superiores, se correría el riesgo de que en los puntos donde la flecha es máxima, los elementos que se encontraran por debajo sufrieran un esfuerzo de compresión generado por la deformación de los elementos estructurales y pudiesen ver afectada su integridad o estética.

2 Normativa

- CTE DB-SE. Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad estructural.
- CTE DB-SE-AE. Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación.
- CTE DB-SE-C. Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad Estructural Cimientos.
- CTE DB-SE-A. Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad Estructural Acero.
- RD 1247/2008 EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural.
- RD 997/2002 NCSE. Norma de Construcción Sismorresistente.
- CTE-DB-SI. Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad en caso de Incendio.
- RD 2267/2004 (RSCIEI) Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.
- RD 751/2011 EAE Instrucción de Acero Estructural.

3 Acciones

3.1 Clasificación de las acciones según su naturaleza

A continuación, se incluye una tabla con la clasificación principal de las acciones que pueden actuar sobre una edificación:

Clases existentes de cargas actuantes sobre una edificación		
Temporalidad	Directas	Indirectas
Permanentes	Concargas Pretensado	Reológicas estabilizadoras
Variables	Sobrecarga de uso Sobrecarga de ejecución Sobrecarga de nieve Empujes Sobrecargas de viento	Térmicas Reológicas desestabilizadoras
Accidentales	Sísmicas Dinámicas de impacto	Incendio
Fortuitas	Catastróficas	Catastróficas

Tabla 2: Clases de cargas

3.2 Acciones consideradas

Según el CTE-DB-AE (Código técnico de la edificación, Documento Básico de Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación) las acciones que se deberán considerar para el cálculo serán las permanentes (G), las variables (Q) y las accidentales (A).

3.2.1 Acciones permanentes (G)

La definición según el CTE DB-SE es la siguiente: *“Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.”* (CTE DB-SE, 2019). Dentro de este grupo de acciones se encuentra el peso propio de la estructura, así como los elementos embebidos y el equipamiento fijo de la misma.

3.2.2 Acciones variables (Q)

La definición según el CTE DB-SE es la siguiente: *“Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.”* (CTE DB-SE, 2019). Dentro de este grupo se deben de incluir las cargas de viento, nieve, sobrecargas de uso y acciones debidas al proceso constructivo del edificio.

Sobrecarga de uso:

Estas cargas varían de magnitud y localización y principalmente se deben a los objetos que pueden llegar a gravitar sobre la edificación debido al uso de la misma.

Sobrecarga de nieve:

Estas cargas se originan debido al peso de nieve que puede llegar a acumularse en la cubierta de una estructura. La acción depende principalmente de la localización y altura topográfica, así como al tipo de cubierta proyectada, la pendiente de la misma, su rugosidad y la existencia de petos.

Sobrecarga de viento:

La carga con la que actúa el viento vendrá dada por un coeficiente eólico el cual dependerá de la forma y superficie del elemento. Además, se deberá de tener en cuenta la zona eólica en la cual se emplaza la edificación.

3.2.3 Acciones accidentales (A)

La definición según el CTE DB-SE es la siguiente: *“Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña, pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.”* (CTE DB-SE, 2019)

3.3 Cargas aplicadas para el dimensionamiento

Antes de proceder al cálculo de las acciones que actúan sobre los pórticos de forma lineal, se adjunta una ilustración con la finalidad de mostrar cómo se calcula dicho valor pudiendo obtenerse multiplicando el valor de la carga superficial por la cruja, en el caso de los pórticos interiores y multiplicando el valor de carga superficial por la mitad de la cruja en el caso de los pórticos de fachada o testeros tal y como se muestra en la figura inferior.

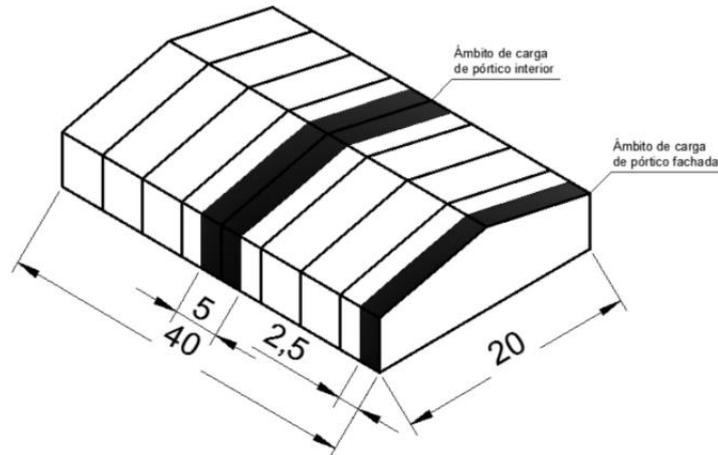


Figura 1: Distribución de cargas en los pórticos

3.3.1 Cargas permanentes cubierta

Las cargas permanentes que se han tenido en cuenta para el dimensionamiento de la estructura son:

- Peso propio de la estructura metálica: teniendo en cuenta la densidad del acero que es 7850 (kg/m³). El programa de cálculo introducirá de forma automática el peso de cada perfil utilizado.

Dado que se conoce que las correas que se van a utilizar serán un perfil IPE 100 con separación de 1 m y se conoce que la luz de la nave es de 20 m, se puede suponer que se utilizarán 20 tramos de correas de 40 metros cada uno de ellos. Además, se conoce que el peso de un metro lineal de dicho perfil es de 8 kg aproximadamente, por lo que multiplicando el número de tramos por los metros lineales y a su vez por el peso de cada metro se podrá obtener la carga repartida que suponen las correas de cubierta siendo el valor el calculado a continuación:

$$\text{Metros totales} = 22\text{tramos} \cdot 40(\text{m}) = 880 (\text{ml}) (\text{metros lineales})$$

$$\text{Peso total} = 880\text{ml} \cdot 8,1 \left(\frac{\text{kg}}{\text{ml}}\right) = 7128(\text{kg})$$

$$G_{k, pp} = \frac{7128(\text{kg})}{800 (\text{m}^2)} = 8,91 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 0,09 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right)$$

- Peso del cerramiento de cubierta: Panel tipo sándwich de 5 Grecas con núcleo aislante conformado por espumas PUR y PIR de alta densidad (40 kg/m³) y chapa inferior y superior de acero galvanizado y prelacado conforme a lo dispuesto en la norma: EN 508-1. Las características del panel para un espesor de 60 mm vienen dadas en la siguiente figura, siendo el peso del panel 9,66 (kg/m²) o 0,0966 (KN/m²):

Espesor mm	Transmisión Térmica		Peso Panel
	Kcal/m ² h °C	W/m ² °C	kg/m ² (0,4/0,4)
30	0,58	0,68	8,46
40	0,45	0,53	8,86
50	0,36	0,43	9,26
60	0,30	0,36	9,66

Figura 2: Características del Panel 5 Grecas. ORIGEN: <https://www.panelsandwich.com/>

Dicho valor se redondeará a 0,15 (kN/m²) teniendo en cuenta el peso de tornillería y los accesorios de montaje de la cubierta.

$$Gk, \text{ cerramiento} = 0,15 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

- Se tendrá en cuenta una carga gravitatoria permanente de 19 (kg/m²) suponiendo la posible instalación futura de placas solares en la cubierta de la edificación industrial.

$$Gk, ps = 0,19 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Por lo tanto, el valor total aproximado de la carga de peso propio que actuará sobre la cubierta será el sumatorio de las cargas anteriormente mencionadas quedando un valor de:

$$Gk = Gk, pp + Gk, \text{ cerramiento} + Gk, ps; Gk = 0,09 + 0,15 + 0,19; Gk = 0,43 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Tal y como se ha mostrado anteriormente, la carga superficial obtenida se deberá de multiplicar por el ámbito de carga, en el caso de los pórticos intermedios se deberá de multiplicar por la distancia que abarca la crujía (2,5+2,5) m y en el caso de los pórticos testeros dado que únicamente recibirán carga de un lado, se multiplicará dicha carga únicamente por la distancia de su ámbito de uso correspondiente siendo la crujía en estos casos (2,5m), quedando las cargas aplicadas a dichos pórticos con la mitad del valor de las cargas aplicadas a los pórticos centrales.

Siendo por tanto la carga aplicada a los pórticos interiores de:

$$gk = Gk \cdot \text{crujía}; gk = 0,43 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \cdot 5 \text{ m}; gk = 2,15 \left(\frac{kN}{m} \right)$$

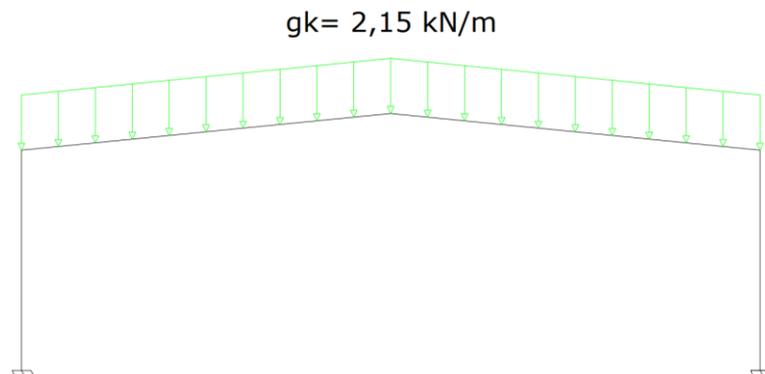


Figura 3: Cargas permanentes

3.3.2 Cargas permanentes forjado

Las cargas permanentes que se han tenido en cuenta para el correcto dimensionado del forjado son las siguientes:

La carga aplicada sobre las vigas en concepto de peso propio tendrá el siguiente valor suponiendo que se instalará un forjado unidireccional de 30 cm de espesor:

$$Gk, pp = 3,7 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

La carga aplicada sobre las vigas en concepto de carga muerta tendrá el valor que cita a continuación, con esta carga se pretende introducir la tensión aproximada que se generará sobre el forjado una vez se haya instalado el mobiliario necesario:

$$Gk, cm = 1,20 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Por lo tanto, el valor total aproximado de la carga de peso propio que actuará sobre el forjado será el sumatorio de las cargas anteriormente mencionadas quedando un valor de:

$$Gk = Gk, pp + Gk, cm; Gk = 3,70 + 1,20; Gk = 4,9 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Siendo por tanto la carga aplicada a los pórticos interiores de:

$$gk = Gk \cdot crujía; gk = 4,9 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \cdot 2,5 m; gk = 12,25 \left(\frac{kN}{m} \right)$$

$$gk = 12,25 \text{ kN/m}$$

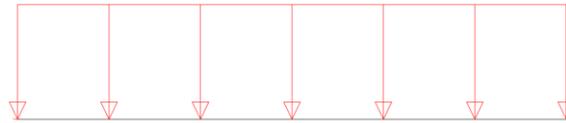


Figura 4: Carga permanente vigas perimetrales forjado

3.3.3 Cargas variables cubierta

Sobrecarga de uso:

De acuerdo con lo establecido en el DB SE-AE en la: “Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso” la sobrecarga de uso aplicada a la cubierta de la nave se corresponde con una categoría de uso tipo “G: Cubiertas accesibles únicamente para conservación” siendo la subcategoría de uso tipo “G1: Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado)” dado que la cubierta de la nave se ejecutará mediante panel tipo sándwich de espesor 60 (mm) apoyado sobre correas formadas por un perfil laminado de acero estructural.

- La sobrecarga de uso a aplicar en la cubierta será de 0,4 (kN/m²) acorde a los requisitos previamente definidos y conforme se muestra en la siguiente tabla importada directamente desde el DB SE-AE:

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

Figura 5: Tabla 3.1 DB SE-AE

$$Q_k, su = 0,4 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Siendo por tanto la carga aplicada a los pórticos interiores de:

$$q_k = G_k \cdot crujía; q_k = 0,4 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \cdot 5 m; q_k = 2 \left(\frac{kN}{m} \right)$$

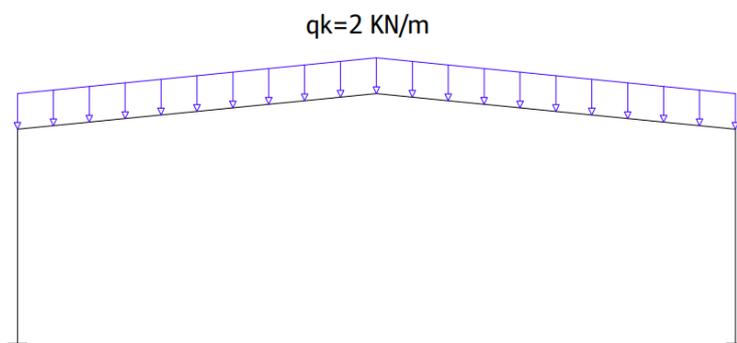


Figura 6: Sobrecarga de uso

En el caso de los pórticos testeros, dado que únicamente recibirán carga de un lado, la carga actuante se multiplicará por la distancia de su ámbito de carga correspondiente, siendo la crujía en estos casos (2,5)m. Las cargas aplicadas a estos pórticos tendrán la mitad del valor de las cargas aplicadas a los pórticos intermedios.

Sobrecarga de nieve:

De acuerdo con los establecido en el DB SE-AE y en el anejo E de la misma norma, en la “Figura E.2 Zonas climáticas de invierno” y en la “Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)”. El valor de carga de nieve se deberá de tomar en función de la altitud del emplazamiento o término municipal y de la zona climática del mapa de la Figura 7.

Se tendrá en cuenta que la edificación industrial se emplaza en la localidad de Alcoy, (Alicante) y que la altitud es de este municipio es de 562 m. Sin embargo, como se conoce el

emplazamiento exacto de la nave industrial cuya altura aproximada es de 600 m, y este municipio pertenece a la “Zona climática invernal 5” según el mapa de las zonas climáticas de invierno mostrado en la: figura inferior, la sobrecarga de nieve aplicada para los cálculos del dimensionado de la estructura será de $S_k = 0,5$ (kN/m²).



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Figura 7:Figura E.2 Zonas climáticas de invierno: ORIGEN: DB SE-AE

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

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

Figura 8: Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²). ORIGEN: DB SE-AE

Para el cálculo del valor de la carga de nieve en proyección horizontal debe de tomarse la siguiente fórmula:

$$q_n = \mu \times s_k$$

Siendo:

μ : coeficiente de forma de cubierta, según el CTE DB SE-AE 3.5.3.

En el caso del proyecto al tener una inclinación menor de 30 °, según lo dispuesto en el CTE DB SE-AE 3.5.3, se considerará un factor de forma $\mu=1$ dado que no se producirá descarga de nieve sobre el terreno.

S_k : valor característico de la nieve según CTE DB SE-AE 3.5.2.

En el caso de localización del presente proyecto y como bien se ha indicado anteriormente el valor será de $S_k=0,5$ (kN/m²).

Por lo tanto, el valor de la carga superficial sobre cubierta tomará un valor de:

$$Q_n = \mu \times s_k; Q_n = 1 \times 0,5 = 0,5 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Siendo por tanto la carga aplicada a los pórticos interiores de:

$$q_n = Q_n \cdot \text{crujía}; q_n = 0,5 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \cdot 5 \text{ m}; q_n = 2,5 \left(\frac{kN}{m} \right)$$

Las tres situaciones que prevé la norma para la acción de nieve serán las mostradas en las siguientes figuras:

Carga de nieve aplicando en la totalidad de la cubierta.

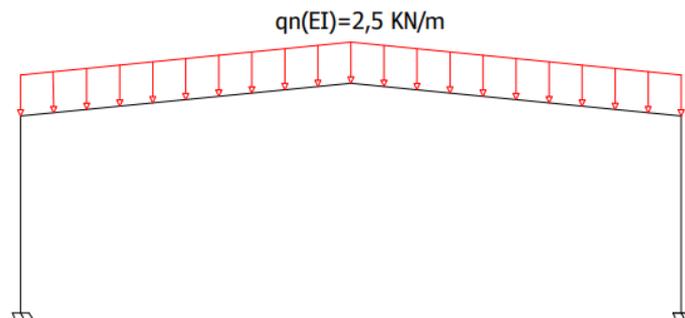


Figura 9: Carga nieve 1

Carga de nieve aplicando en el faldón izquierdo en su totalidad y carga de nieve minorada un 50% aplicando sobre el otro faldón.

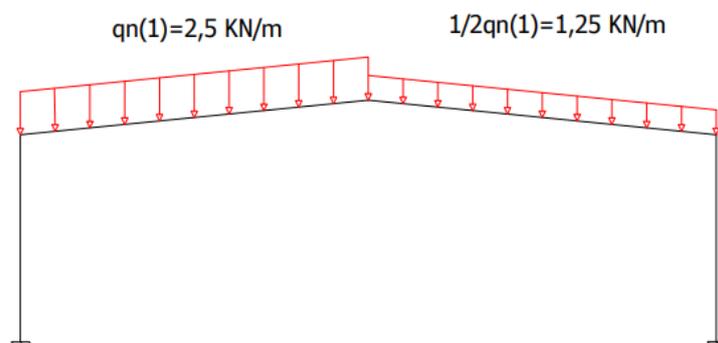


Figura 10: Carga nieve 2

Carga de nieve aplicando en el faldón derecho en su totalidad y carga de nieve minorada un 50% aplicando sobre el otro faldón.

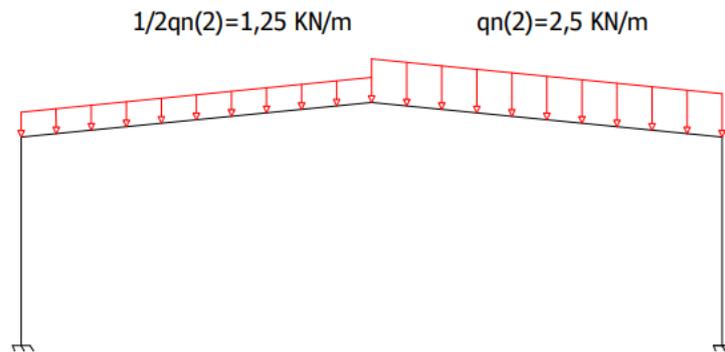


Figura 11: Carga de nieve 3

En el caso de los pórticos testeros, dado que únicamente recibirán carga de un lado, la carga actuante se multiplicará por la distancia de su ámbito de carga correspondiente, siendo la crujía en estos casos (2,5) m. Las cargas aplicadas a estos pórticos tendrán la mitad del valor de las cargas aplicadas a los pórticos intermedios.

Sobrecarga de viento:

De acuerdo con lo establecido en el apartado 3.3 del CTE DB-SE-AE "La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento." (CTE DB SE-AE, 2009)

La acción del viento o presión estática que actúe sobre la estructura será una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto del edificio expuesto siendo la fórmula la siguiente:

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

Siendo:

- q_b : presión dinámica del viento, cuyo valor dependerá del emplazamiento del edificio.
- c_e : coeficiente de exposición, cuyo valor será variable con la altura del edificio y el grado de aspereza del entorno donde se encuentra la nave.
- c_p : coeficiente eólico, cuyo valor dependerá de la forma y de la superficie respecto al viento.

En el caso de la nave industrial que se decide proyectar, los valores para cada una de las variables mencionadas anteriormente serán las siguientes, según el CTE DB SE-AE:

Presión dinámica(q_b)

El valor de presión dinámica podrá obtenerse teniendo en cuenta el mapa de la velocidad básica del viento establecido en el CTE DB SE-AE Anejo D. El valor de presión dinámica dado que la localidad de Alcoy donde se proyecta el edificio industrial se encuentra en la Zona B, el valor que tomará q_b , será de: **$q_b=0,45 \text{ KN/m}^2$** . Tal y como se muestra en la siguiente imagen:

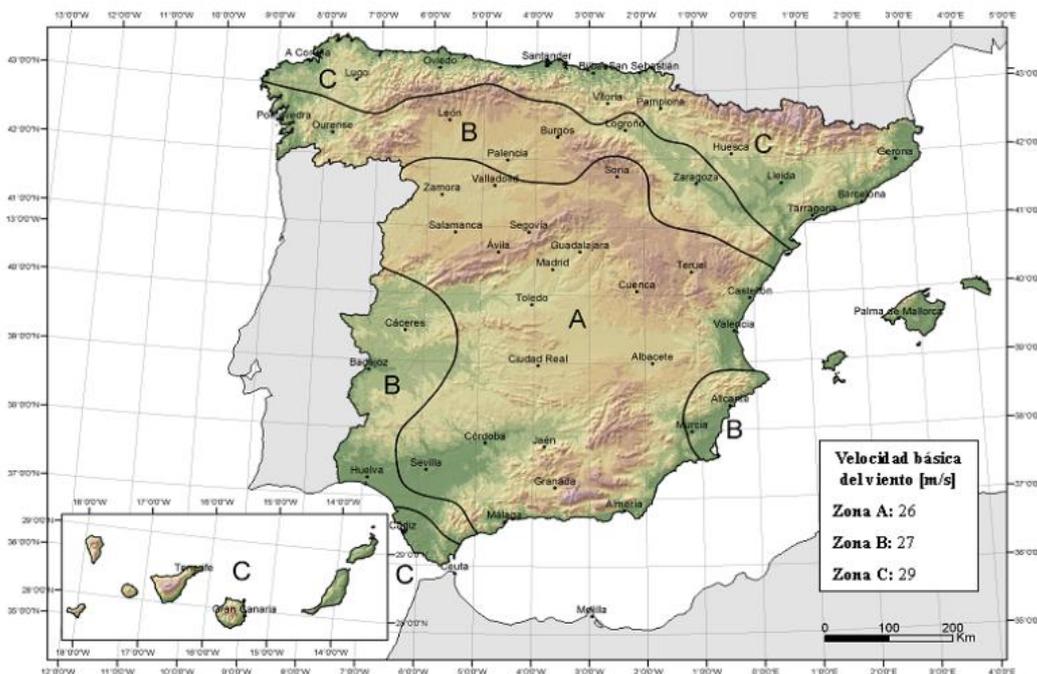


Figura 12: Zona eólica. ORIGEN: CTE DB SE-AE Anejo D.

Coefficiente de exposición (qb)

El valor del coeficiente de exposición del viento viene dado por la tabla 3.4 del CTE DB-SE-AE, la altura que se tendrá en cuenta será la de 7 metros y el grado de aspereza del entorno será del tipo: IV el cual se corresponde con una zona urbana, industrial o forestal, por lo tanto, tras realizar las interpolaciones pertinentes para la obtención del valor exacto, el coeficiente de exposición será de: **ce= 1,5**.

Coefficiente eólico de presión (cp)

El valor del coeficiente eólico de forma dependerá de diversos factores siendo estos la forma del edificio, la orientación de su superficie respecto al viento y en el caso de que sea necesario, de la situación de cada uno de los puntos respecto a los bordes de la superficie. Los valores dependerán de cada una de las zonas del pórtico sometida al efecto del viento tal y como queda indicado en los puntos 3.3.4 y 3.3.5 del CTE DB-SE-A.

A continuación, se introducirá un cuadro resumen de los parámetros de la acción del viento sobre la nave.

Zona Eólica	B
Altura de coronación	7
Grado de Aspereza	IV
qb (presión dinámica)	0,45 (kN/m ²)
ce (coeficiente eólico)	1,5
qb · ce	0,675 (kN/m ²)
Esbeltez del edificio (altura coronación/luz)	0,35

Tabla 3: Datos generales viento

Viento lateral

Con los datos de la nave industrial, se calcularán las acciones generadas a causa del viento en un pórtico intermedio. En el caso del viento lateral podrá soplar en dos direcciones diferentes 0° y 180° y cada una de ellas tendrá dos posibles hipótesis de acuerdo a lo establecido en la tabla D.6 del CTE DB-SE-AE.

Las cargas quedarán tendrán los valores de la tabla que se muestra a continuación:

V1(0°)					
HIPÓTESIS	ZONA	qb(kN/m²) · ce	cp	Crujía (S) (m)	qe=qb·ce·cp·S (kN/m²)
H1	D	0,675	0,7452	5	2,515
	E	0,675	-0,3413	5	-1,152
	G	0,675	-1,224	5	-4,13
	H	0,675	-0,6044	5	2,04
	J	0,675	0,1197	5	0,404
	I	0,675	-0,7852	5	-2,065
H2	D	0,675	0,7452	5	2,515
	E	0,675	-0,3413	5	-1,152
	G	0,675	0,01481	5	0,05
	H	0,675	0,01481	5	0,05
	J	0,675	-0,5822	5	-1,965
	I	0,675	-0,5822	5	-1,965

Tabla 4: Cargas de viento (V0°)

V2(180°)					
HIPÓTESIS	ZONA	qb(kN/m²) · ce	cp	Crujía (S) (m)	qe=qb·ce·cp·S (kN/m²)
H1	D	0,675	-0,3413	5	-1,152
	E	0,675	0,7452	5	2,515
	G	0,675	-0,7852	5	-2,065
	H	0,675	0,1197	5	0,404
	J	0,675	-0,6059	5	-2,045
	I	0,675	-1,224	5	-4,13
H2	D	0,675	-0,3413	5	-1,152
	E	0,675	0,7452	5	2,515
	G	0,675	-0,5822	5	-1,965
	H	0,675	-0,5822	5	-1,965
	J	0,675	0,01481	5	0,05
	I	0,675	0,01481	5	0,05

Tabla 5: Cargas de viento (V180°)

*Los valores negativos del cp (coeficiente de presión), indican que se trata de succión mientras que los valores positivos indicarán presión. *

Viento lateral

En el caso del viento lateral podrá soplar en dos direcciones diferentes 90° y 270° y cada una de ellas tendrá una única hipótesis de acuerdo a lo establecido en la tabla D.6 del CTE DB-SE-AE.

V3(90°)					
HIPÓTESIS	ZONA	$q_b(\text{kN/m}^2) \cdot c_e$	c_p	Crujía (S) (m)	$q_e=q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot S$ (kN/m^2)
H1	C	0,675	-0,8251	5	-2,764
H1	I	0,675	-0,5740	5	-1,923

Tabla 6: Cargas de viento ($V90^\circ$)

V4(270°)					
HIPÓTESIS	ZONA	$q_b(\text{kN/m}^2) \cdot c_e$	c_p	Crujía (S) (m)	$q_e=q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot S$ (kN/m^2)
H1	C	0,675	-0,5224	5	-1.763
H1	I	0,675	-0,6193	5	-2,09

Tabla 7: Cargas de viento ($V270^\circ$)

*Los valores negativos del c_p (coeficiente de presión), indican que se trata de succión mientras que los valores positivos indicarán presión. *

A continuación, se muestran los diagramas de cargas en el pórtico intermedio más desfavorable para cada una de las hipótesis de viento calculadas anteriormente:

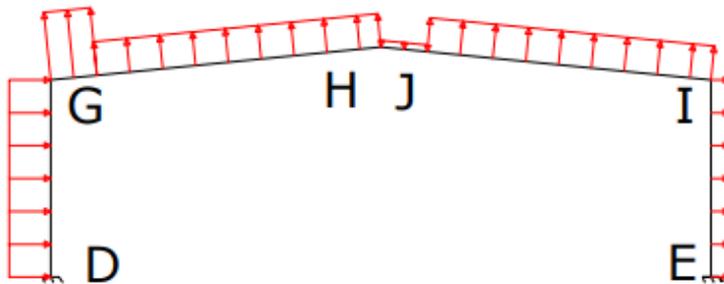


Figura 13: $V0^\circ$ H1

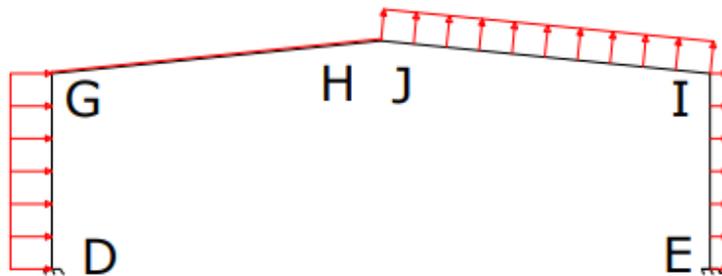


Figura 14: $V0^\circ$ H2

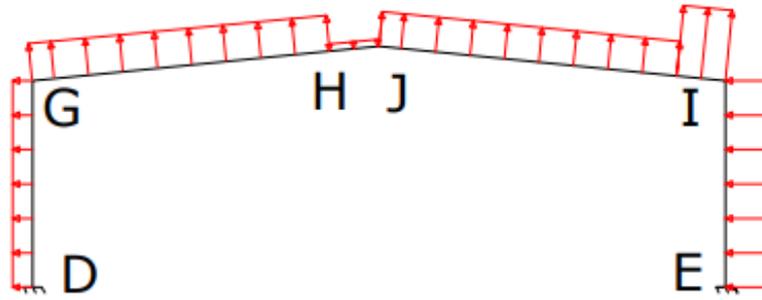


Figura 15: V180° H1

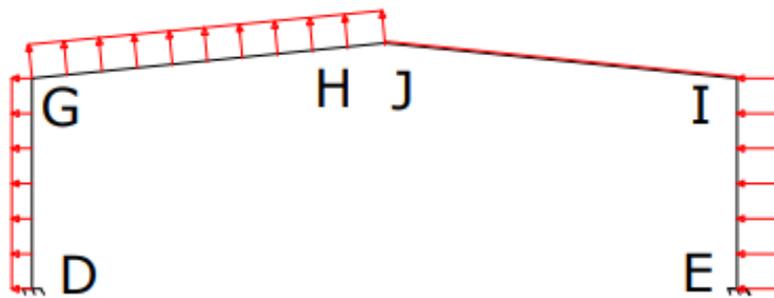


Figura 16: V180° H2

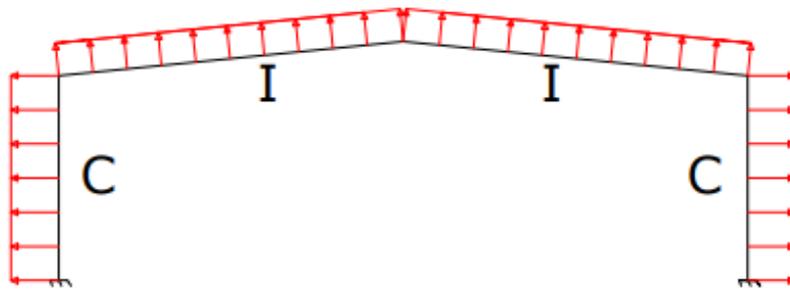


Figura 17: V90° H1

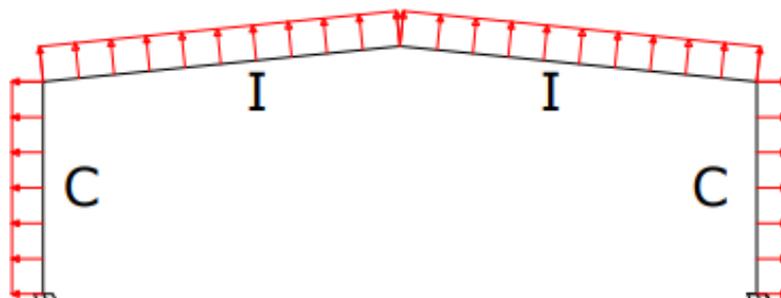


Figura 18: V270° H1

3.3.4 Cargas variables en el forjado

Sobrecarga de uso:

De acuerdo con los establecido en el DB-SE-AE en la: “Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso” la sobrecarga de uso aplicada Al forjado de oficinas de la nave se corresponde con una categoría de uso tipo “B: Zonas administrativas”.

- La sobrecarga de uso a aplicar en la cubierta será de 2 (kN/m²), acorde a los requisitos previamente definidos y conforme se muestra en la tabla siguiente importada directamente desde el DB-SE-AE:

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

Figura 19: Tabla 3.1 DB SE-AE

Siendo por tanto la carga aplicada sobre las vigas en concepto de carga muerta de:

$$Qk, su = 2 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Siendo por tanto la carga lineal aplicada a las vigas perimetrales de forjado de:

$$qk = Gk \cdot cruja; qk = 2 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \cdot 2,5 m; qk = 5 \left(\frac{kN}{m} \right)$$

$$qk = 5 \text{ kN/m}$$

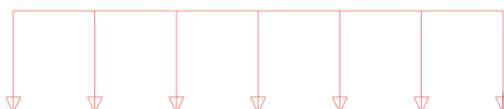


Figura 20: Cargas variables vigas de forjado perimetral

3.3.5 Acciones térmicas

Los edificios están sometidos a acciones térmicas que producen deformaciones en los elementos constructivos debidos a las variaciones de temperatura del ambiente exterior. La magnitud de estas acciones dependerá del clima del lugar en el que se ejecuta el edificio, así como de la orientación, la exposición del mismo y los materiales con los que está conformado.

Las variaciones de temperatura en la nave industrial conducirán a la deformación de los elementos constructivos que en el caso de encontrarse en una disposición en la cual se encuentre impedido su movimiento en alguna de sus direcciones, el elemento experimentará una deformación la cual generará tensiones en el mismo.

Para resolver esta problemática se deben de ejecutar juntas de dilatación, las cuales tienen la función de establecer un espacio libre en el cual los elementos no dispongan de

continuidad estructural y las deformaciones producidas por el aumento o disminución de temperatura no afecten a la totalidad de la estructura aprovechando la discontinuidad estructural anteriormente mencionada y deformando libremente.

En los edificios habituales resueltos mediante estructuras metálicas o de hormigón, pueden no considerarse las acciones térmicas que afectarán al edificio siempre y cuando se cumpla lo especificado en el CTE DB-SE-AE apartado 3.4. Puesto que en la nave industrial ninguna longitud de los elementos continuos excederá de 40 m de longitud, no se deberán considerar las acciones térmicas que afecten a la estructura portante.

3.3.6 Acciones accidentales

Sismo:

Las acciones sísmicas se determinan según la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).

Según esta normativa, y las funciones del edificio a proyectar las cuáles serán las de producción de hidrógeno a pequeña escala para suplir el abastecimiento a nivel nacional, el edificio se podrá considerar de importancia normal dado que se puede emplazar en la siguiente descripción: *“Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda 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”* (NCSE-02, 2002)

Además, dado que la que la aceleración sísmica en el municipio de Alcoy es de 0,07g, el edificio podrá acogerse a las excepciones de la aplicación de la normativa dado que cumple los siguientes requisitos:

“En las construcciones de importancia moral con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art. 2.1) sea inferior a 0,08g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, a_o (art. 2.2) es igual o mayor de 0,08g.” (NCSE-02, 2002)

Sin embargo, y del lado de la seguridad, se deciden tener en cuenta las acciones sísmicas que puedan llegar a afectar a la estructura por lo que en el cálculo con el programa CYPE 3D se deberán de introducir las acciones sismorresistentes de acuerdo con la normativa vigente NCSE-02.

A continuación, se adjunta una tabla resumen de los datos considerados para el cálculo a sismo:

Normativa utilizada	NCSE-02
Método de cálculo	Análisis mediante espectros de respuesta (NCSE-02, 3.6.2)
Datos generales de sismo	
Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)	0,070 g
Coficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)	1
Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II	Tipo II
Ductilidad (NCSE-02, Tabla 3.1)	Ductilidad baja
Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1)	5%
Tipo de construcción (NCSE-02, 2.2)	Construcciones de importancia normal

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis	Según norma
Fracción de sobrecarga de uso	0,50
Fracción de sobrecarga de nieve	0,50
Efectos de la componente sísmica vertical	No se consideran
efectos de 2º orden	No se consideran

Tabla 8: Datos cálculo sismorresistente

Fuego:

El efecto de la acción del fuego en situación accidental de incendio queda definido en el CTE DB-SI y en el RSCIEI (Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales) así como en la EAE y en el EC3-parte 1.2.

Dado que la nave industrial tendrá un uso específico de producción de hidrógeno, se realizará el cálculo de la mínima resistencia a fuego exigida según la normativa anteriormente mencionada. Los cálculos quedan emplazados en el: *Anejo III: Cálculo de resistencia a fuego*.

4 Dimensionado de pilares

4.1 Comprobación de los pilares de los pórticos intermedios

A continuación, se va a proceder al cálculo del pilar más desfavorable el cual se corresponde con el que queda señalado en la figura inferior. El elemento a estudiar se corresponde al pilar: 7A, según la codificación establecida en la Figura 16: Denominación de los elementos, perteneciente al documento: *Memoria*.

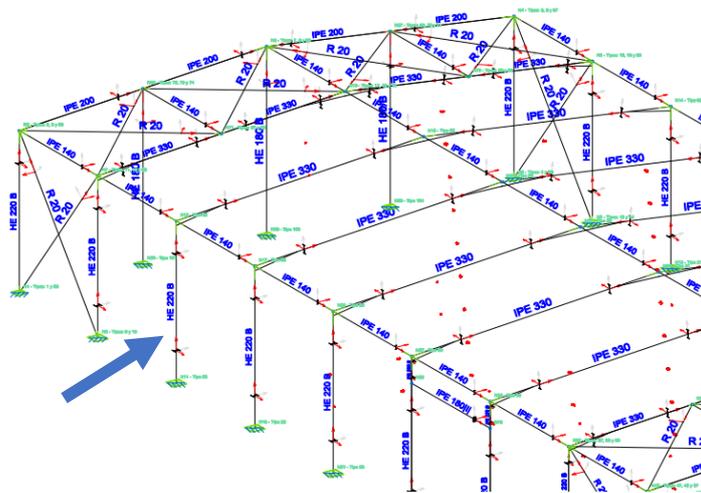


Figura 21: Pilar central más solicitado

El perfil utilizado para la ejecución de los pilares de los pórticos intermedios de la estructura será un HEB 220 cuyas características principales se adjuntan en la siguiente figura:

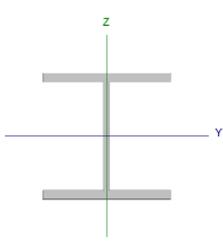
Perfil: HE 220 B, Simple con cartelas																
Material: Acero (S275)																
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾												
	Inicial	Final		Área (cm ²)	$r_y^{(2)}$ (cm4)	$r_z^{(2)}$ (cm4)	$r_t^{(3)}$ (cm4)									
	N11	N12	6.000	91.00	8091.00	2843.00	77.03									
Notas: ⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N11). ⁽²⁾ Inercia respecto al eje indicado. ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme.																
		Pandeo		Pandeo lateral												
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.											
b		1.40	0.70	0.00	0.00											
L _k		8.400	4.200	0.000	0.000											
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000											
C _t		-		1.000												
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _t : Factor de modificación para el momento crítico																
Situación de incendio Resistencia requerida: R 90 Factor de forma: 147.41 m-1 Temperatura máx. de la barra: 637.0 °C Mortero de vermiculita-perlita con cemento (alta densidad): 15 mm																
COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE																
Barra	-1	L	N	N _c	M ₁	M ₂	V ₁	V ₂	M _{V,1}	M _{V,2}	NM ₁	NM ₂	M _{V,1}	M _{V,2}	M _V	Estado
N11/N12	1 < 2.0 Cumple	1 < 1.000 Cumple	x: 5.513 m h = 1.7	x: 0 m h = 13.6	x: 5.514 m h = 80.6	x: 0 m h = 2.2	x: 0 m h = 13.3	h < 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 5.514 m h = 94.9	h < 0.1	h = 0.2	x: 0 m h = 13.3	h < 0.1	CUMPLE h = 84.9
COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO																
Barra	N ₁	N ₂	M ₁	M ₂	V ₁	V ₂	M _{V,1}	M _{V,2}	M _V	NM ₁	NM ₂	M _{V,1}	M _{V,2}	M _V	Estado	
N11/N12	N ₁ = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m h = 23.4	x: 5.514 m h = 86.1	x: 0 m h = 1.4	h = 13.2	h < 0.1	h < 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 5.514 m h = 92.6	h < 0.1	h = 0.1	h = 13.2	h < 0.1	CUMPLE h = 92.6	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): La comprobación no procede, ya que no hay eje de tracción.																
Notación: N: Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M ₁ : Resistencia a flexión eje Y M ₂ : Resistencia a flexión eje Z V ₁ : Resistencia a corte Y V ₂ : Resistencia a corte Z M _V : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _{V,1} : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM ₁ : Resistencia a flexión y axil combinados NM ₂ : Resistencia a flexión y axil combinados NM _{V,1} : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _{V,t} : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _{V,1} : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																

Figura 22: Datos perfil HEB 220

A continuación, se adjunta una tabla con los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos en el punto más desfavorable, obtenidos mediante el programa Cype 3D.

Esfuerzo	Hipótesis de carga	Esfuerzo solicitante máximo
Momento flector eje Y	1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI)	Med =174,63 kN·m
Momento flector eje Z	PP+CM1-SX-0.3·SY	Med=1,86 kN·m
Cortante eje Y	PP+CM1-SX-0.3·SY	Ved=0.37 kN
Cortante eje Z	1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI)	Ved=56.19 kN
Axil Compresión	1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).	N, ced=71,63 kN
Torsión	PP+CM1+SX+0.3·SY.	Mt, ed=0.01 kN·m

Tabla 9: Esfuerzos solicitantes de cálculo pésimo

Datos prontuario del perfil:

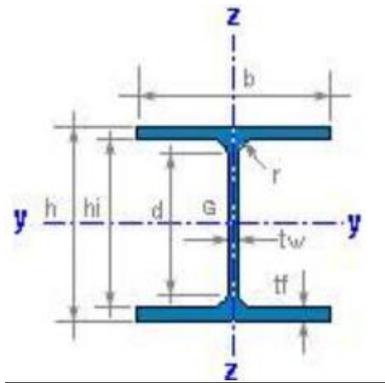


Figura 23: Perfil HEB. ORIGEN: <https://www.construmatica.com/>

H= 220 mm	R= 18 mm
B= 220 mm	D= 152,0 mm
Tw= 9,5 mm	Hi= 188 mm
Tf= 16,0 mm	-
A= 91 cm ²	M= 71,5 kg/m
Iy=8091 cm ⁴	Iz= 2843 cm ⁴
Wy= 735,6 cm ³	Wz=258,5 cm ³
Wply= 827,1 cm ³	Wplz=393,9 cm ³
Iy=9,43 cm	Iz=5,59 cm
It= 77,0 cm ⁴	Iw= 295814 cm ⁶
Sy=413,5 cm ³	Avz=27,93 cm ²
Sy= 19,6 cm	-
AL= 1,270 m ² /m	AG= 17,77 m ² /t

Tabla 10: Parámetros HEB 220B

4.1.1 Cálculo de resistencia a flexión eje Y:

Se deberá satisfacer la siguiente ecuación:

$$W_{el,y} \geq \frac{M_{y,ed}}{f_{yd}} = \frac{174,63 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{261,9 \text{ MPa}} = 666,78 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \leq 735,6 \cdot 10^3 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Siendo f_{yd} la resistencia de cálculo del acero minorada obtenida tal y como se muestra en el apartado 7.7.1 "Acero estructural" del documento de la memoria.

En el catálogo de perfiles se deberá de escoger un perfil que como mínimo tenga el valor del módulo resistente mínimo obtenido anteriormente.

Respecto a la condición de resistencia se deberá cumplir la siguiente expresión:

Tensión combinada generada por el axil y el flector:

$$\sigma = \frac{N_{ed}}{A} + \frac{M_{y,ed}}{W_{el,y}} = \frac{71,63 \cdot 10^3}{9100} + \frac{174,63 \cdot 10^6}{735,6 \cdot 10^3} = 245,46 \text{ MPa}$$

Tensión tangencial generada por el esfuerzo cortante:

$$\tau_{xz} = \frac{V_z}{A_{vz}} = \frac{56,19 \cdot 10^3}{2793,00 \text{ mm}^2} = 20,12 \text{ MPa}$$

Tensión de comparación Von Mises:

$$\sigma_{comp} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2 xz)} = \sqrt{(245,46^2 + 3 \cdot 20,12^2)} = 247,92 \text{ MPa} < 261,9 \text{ MPa} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como se puede observar en los cálculos anteriores, el pilar cumple por resistencia.

4.1.2 Comprobación por radio de giro:

Las betas de pandeo se tomarán conforme a lo estipulado en el apartado 1.1.1 “Pilares pórticos intermedios” de este mismo anejo, en el cual quedan establecidos los diferentes valores para betas de pandeo según el eje. Las betas de pandeo para los pilares son las siguientes y se deberán de cumplir las siguientes comprobaciones:

$$L_{ky} = \beta \cdot l = 0,7 \cdot 6 = 4,2\text{m}$$

$$L_{kz} = \beta \cdot l = 1,4 \cdot 6 = 8,4\text{m}$$

$$i_y \geq \frac{L_{ky}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{4200}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{275}{210000}} = 24,19 \text{ mm} \leq 94,3\text{mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$i_z \geq \frac{L_{kz}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_z}{E}} = \frac{8400}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{275}{210000}} = 48,38 \text{ mm} \leq 55,90\text{mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.1.3 Comprobación por pandeo

La comprobación del pilar a pandeo se realizará tal y como queda estipulado en el apartado 35.2.2.1 de la EAE 2011, en el cual se debe de cumplir satisfactoriamente la siguiente ecuación:

$$\frac{N_{ed}}{X \cdot f_{yd} \cdot A} + \frac{1}{1 - \left(\frac{XLT \cdot N_{ed}}{N_{criy}}\right)} \cdot \frac{C_{my} \cdot M_{dy, ed}}{W_{el, y} \cdot f_{yd}} + \frac{1}{1 - \left(\frac{N_{ed}}{N_{criz}}\right)} \cdot \frac{C_{mz} \cdot M_{z, ed}}{W_{el, z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Siendo:

- X: Coeficiente de reducción por pandeo.
- XLT: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

De acuerdo a lo establecido en la norma, para secciones que no sean susceptibles a sufrir deformación por un momento torsor, el valor del coeficiente será igual a 1.

En el caso del proyecto y conforme se puede observar en la tabla de los esfuerzos actuantes sobre el pilar, el momento torsor es casi nulo, por lo que a efectos del cálculo se tomará como coeficiente de reducción por pandeo lateral un valor igual a la unidad quedando:

$$XLT = 1$$

- C_{mz} y C_{my} : Estos coeficientes tienen en cuenta la distribución de las cargas generadas por los momentos flectores según los ejes de flexión, aunque existe una ecuación para la obtención de dichos valores, en el caso que nos abarca, al tratarse de un elemento sometido a cargas transversales, perpendiculares a su directriz o bien de un pilar de recuadro traslacional, se puede tomar un valor de C_m igual a la unidad.
- $N_{cri, y}$ y $N_{cri, z}$: Estas variables equivalen a los esfuerzos axiales críticos elásticos para pandeo por flexión en sus respectivos planos de pandeo.

En el caso del caso del proyecto se puede observar cómo el momento flector generado en el eje z es insignificante respecto al que se genera en el eje y, por lo que obviaremos dicho esfuerzo en la fórmula quedando por tanto la fórmula inicialmente planteada de la siguiente manera:

$$\frac{Ned}{X \cdot f_{yd} \cdot A} + \frac{1}{1 - \left(\frac{XLT \cdot Ned}{N_{cri,y}}\right)} \cdot \frac{C_{my} \cdot M_{dy,ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

4.1.4 Cálculo de la carga axil crítica:

$$N_{cri,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L^2 k_y} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 8091 \cdot 10^4}{4200^2} = 9506.54 \text{ kN}$$

$$N_{cri,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2 k_z} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 2843 \cdot 10^4}{1200^2} = 835,10 \text{ kN}$$

4.1.5 Cálculo de la esbeltez reducida:

Se deberá de cumplir que la esbeltez reducida de las barras comprimidas deberá de ser inferior al valor de 2 de acuerdo a los establecido en el CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3.

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cri,y}}} = \sqrt{\frac{9100 \cdot 275}{9506,54 \cdot 10^3}} = 0,51 \leq 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_z}{N_{cri,z}}} = \sqrt{\frac{9100 \cdot 275}{835,10 \cdot 10^3}} = 1,73 \leq 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Para el cálculo se tomará la esbeltez reducida más desfavorable, que en el caso del proyecto será la que se da en el eje z, dado que está más cerca del valor límite establecido en la norma. Por lo tanto, el factor de reducción por pandeo será:

$$\lambda_z = \lambda; \lambda = 1,73$$

El coeficiente de imperfección necesario para el cálculo se puede obtener de las tablas 35.1.2a Y 35.1.2.b que aparecen en la norma de acero EAE 2022.

A continuación, se adjuntas diversas imágenes las cuales se referencian a las tablas anteriormente mencionadas para la óptima justificación de la obtención del coeficiente de imperfección:

Curva de pandeo	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente de imperfección α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Figura 24: Tabla 35.1.2.a EAE 2011

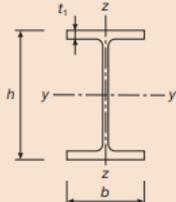
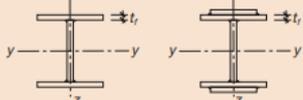
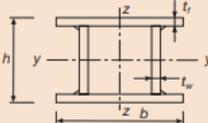
Sección transversal	Limites	Pandeo alrededor del eje	Curva de pandeo		
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
Secciones de perfiles laminados 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	Y-Y z-z	a b	a ₀ a ₀
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	Y-Y z-z	b c	a a
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	Y-Y z-z	b c	a a
		$t_f > 100 \text{ mm}$	Y-Y z-z	d d	c c
Secciones de vigas en I armadas soldadas 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	Y-Y z-z	b c	b c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	Y-Y z-z	c d	c d	
Secciones de perfiles huecos 	Acabados en caliente	Cualquiera	a	a ₀	
	Conformados en frío	Cualquiera	c	c	
Secciones de vigas en cajón armadas soldadas 	En general (excepto caso recuadro inferior)	Cualquiera	b	b	
	Soldadura gruesa $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Cualquiera	c	c	
Secciones de perfiles en U, en T y macizas 		Cualquiera	c	c	
Secciones de perfiles angulares 		Cualquiera	b	b	

Figura 25: Tabla 35.1.2.B EAE 2011

En el caso del pilar intermedio de acuerdo a sus características, los coeficientes de imperfección elástica para cada uno de sus ejes serán los siguientes:

$$\alpha_y = 0,34; \alpha_z = 0,49$$

Por lo tanto, se puede obtener:

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + (\lambda)^2]$$

Sustituyendo las variables Lambda y Alfa para cada uno de los ejes se puede obtener el valor para cada uno de ellos siendo el resultado obtenido el siguiente:

$$\Phi_y = 0,68; \Phi_z = 2,37$$

Para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo se utilizará la siguiente ecuación:

$$X = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^3 - (\lambda)^2}} \leq 1$$

Sustituyendo nuevamente las variables en la ecuación anterior para cada uno de los ejes se obtienen los siguientes resultados:

$$X_y = 0,88 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$X_z = 0,25 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A continuación, tras realizar el cálculo de todos los parámetros necesarios para la comprobación del pandeo del pilar se procede a la resolución de la ecuación de comprobación inicialmente planteada

$$\frac{Ned}{X \cdot f_{yd} \cdot A} + \frac{1}{1 - \left(\frac{XLT \cdot Ned}{N_{criy}}\right)} \cdot \frac{C_{my} \cdot M_{dy,ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Resolviendo:

$$\frac{71,63 \cdot 10^3}{0,88 \cdot 261,9 \cdot 9100} + \frac{1}{1 - \left(\frac{1 \cdot 71,63 \cdot 10^3}{9506,54 \cdot 10^3}\right)} \cdot \frac{1 \cdot 174,63 \cdot 10^6}{735,6 \cdot 10^3 \cdot 261,9} \leq 1$$

$$0,95 \leq 1 \rightarrow CUMPLE$$

4.1.6 Comprobación de los ELS (Estado límite de Servicio):

Tras realizar la comprobación del pilar a resistencia o ELU (Estado Límite Último) se ha obtenido un resultado óptimo y por consiguiente correcto y acorde a lo estipulado en la normativa. A continuación, se procede a la comprobación de la deformación que sufre el pilar y si ésta es o no permisible de acuerdo a las premisas preestablecidas en el proyecto.

De acuerdo a la normativa vigente y a lo que indica el CTE DB-SE-A la flecha límite de los pilares deberá ser de (L/250). Sin embargo, se ha tomado la decisión de disminuir aún más esta deformación permisible a un valor de (L/300) dado que el valor establecido por la normativa podría resultar perjudicial para el cerramiento estructural y, además, podría originar un cierto rechazo visual por parte del cliente. Por tanto, la comprobación quedará de la siguiente manera:

$$Flecha \text{ máxima permisible} = \frac{L}{300} = \frac{6m}{300} = 0,02m \text{ o } 20 \text{ mm}$$

Una vez definida la flecha límite se procede a la obtención de la flecha máxima con ayuda del programa de cálculo CYPE 3D, cuyo valor de flecha máximo arrojado es el siguiente:

$$Flecha \text{ máxima CYPE 3D} = 9,083 \text{ mm} \times 3,791 \text{ m}$$

Por lo que la comprobación del ELS del pilar resulta favorable dado que se cumple la siguiente condición:

$$20 \text{ mm} \geq 9,083 \text{ mm} \rightarrow CUMPLE$$

Tal y como se ha mostrado en los cálculos anteriores el pilar del pórtico intermedio más desfavorable cumple con todos los requisitos resistentes y de deformación que son exigidos por la normativa vigente, por lo tanto, quedará validada la futura ejecución de dicho elemento estructural en obra.

4.2 Comprobación del pilar intermedio del pórtico testero o hastial

A continuación, se va a proceder al cálculo del pilar intermedio más desfavorable, el cual se corresponde con el que queda señalado en la figura inferior. El elemento a estudiar se corresponde al pilar: 9C, según la codificación establecida en la Figura 16: Denominación de los elementos, perteneciente al documento: *Memoria*.

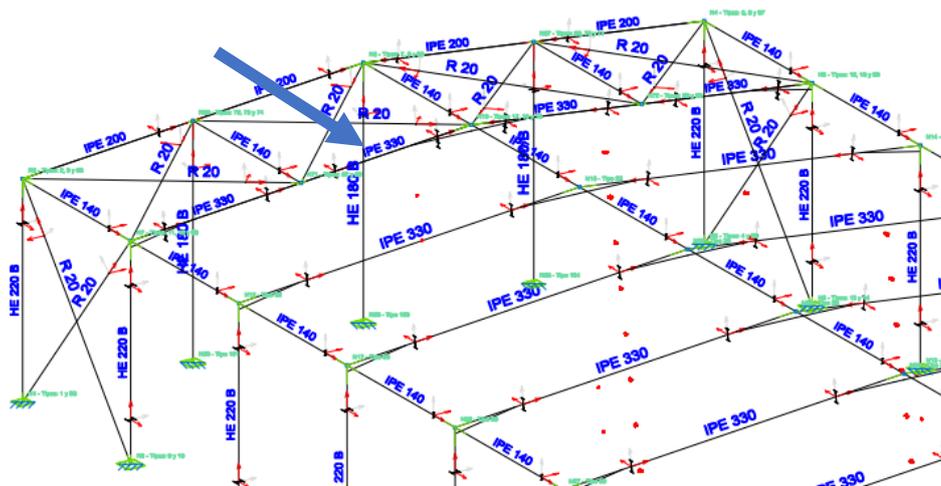


Figura 26: Pilar pòrtico testero más solicitado

El perfil utilizado para la ejecución de los pilares de los pórticos intermedios del pórtico testero de estructura será un HEB 180 cuyas características principales serán las que se adjuntan en la siguiente figura:

Perfil: HE 180 B		Material: Acero (S275)		Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		Pandeo		Pandeo lateral		
N58	N5	7.000	65.30	3831.00	1363.00	42.21	Plano XY		Plano XZ		
Notas:		Pandeo lateral		Ala sup.		Ala inf.					
		b		L _y		L _x		C _m		C _s	
		0.70		4.900		4.900		1.000		1.000	
		C _m		C _s						1.000	
		1.000		1.000						1.000	
Notación:		b: Coeficiente de pandeo		L _y : Longitud de pandeo (m)		C _m : Coeficiente de momentos		C _s : Factor de modificación para el momento crítico			
		Situación de incendio		Resistencia requerida: R 90		Factor de forma: 167.88 m-1		Temperatura máx. de la barra: 677.0 °C		Mortero de vermiculita-perlita con cemento (alta densidad): 15 mm	

COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado	
Barra	N _t	N _c	M _y	M _x	V _y	V _x	M _y V _y	M _x V _x	NM _y	NM _x	M _y V _x	M _x V _y	M _y V _y	M _x V _x	
N58/N5	1 < 2.0 Cumple	1 < 2.0 Cumple	x: 6.889 m h = 0.6	x: 0 m h = 4.8	x: 0 m h = 36.9	x: 0 m h = 8.9	x: 0 m h = 10.2	h < 0.2	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 44.1	h < 0.1	h < 0.1	h = 0.3	h = 0.1
COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															
N58/N5	N _t = 0,00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 11.3	x: 0 m h = 42.1	x: 0 m h = 9.2	x: 0 m h = 11.3	h < 0.2	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 48.2	h < 0.1	M _y = 0,00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE h = 48.2

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
 (1) La comprobación no procede, ya que no hay axial de tracción.
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
 (3) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Notación:
 N_t: Resistencia a tracción
 N_c: Resistencia a compresión
 M_y: Resistencia a flexión eje Y
 M_x: Resistencia a flexión eje X
 V_y: Resistencia a corte Y
 V_x: Resistencia a corte X
 M_yV_y: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Y combinados
 M_xV_x: Resistencia a momento flector X y fuerza cortante X combinados
 NM_y: Resistencia a flexión y axial combinados
 NM_x: Resistencia a flexión y axial combinados
 NM_yV_x: Resistencia a flexión, axial y cortante combinados
 M_yV_x: Resistencia a torsión
 M_xV_y: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_yV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Figura 27: Datos perfil HEB 180

A continuación, se adjunta una tabla con los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos en el punto más desfavorable, obtenidos mediante el programa Cype 3D.

Esfuerzo	Hipótesis de carga	Esfuerzo solicitante máximo
Momento flector	0,8·PP+0,8·CM1+1,5·V (0°)H1	Med = 45,32kN·m

eje Y		
Momento flector eje Z	$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$	Med= 5,40kN·m
Cortante eje Y	$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$	Ved= 1,53 kN
Cortante eje Z	$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$	Ved= 31,40kN
Axil Compresión	$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot N(EI)$	N, ced=33,99kN
Torsión	$PP + CM1 + SX + 0.3 \cdot SY$	Mt, ed= 0,00kN·m

Tabla 11: Esfuerzos solicitantes de cálculo pésimo

Datos prontuario del perfil:

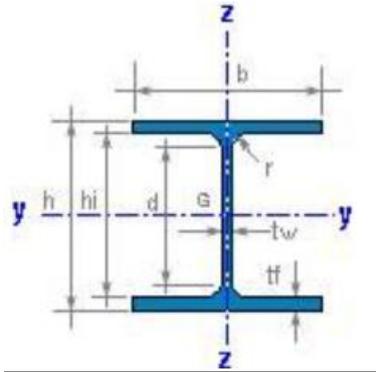


Figura 28: Perfil HEB. ORIGEN: <https://www.construmatica.com/>

H= 180 mm	R= 15 mm
B= 180 mm	D= 122,0 mm
Tw= 8,5 mm	Hi= 152 mm
Tf= 14,0 mm	-
A= 65,3 cm ²	M= 51,2 kg/m
Iy=3831 cm ⁴	Iz= 1363 cm ⁴
Wy= 425,7 cm ³	Wz=151,4 cm ³
Wply= 481,5 cm ³	Wplz=231,0 cm ³
Iy=7,66 cm	Iz=4,57 cm
It= 42,2 cm ⁴	Iw= 93887cm ⁶
Sy=240,7 cm ³	Avz=20,24 cm ²
Sy= 15,9 cm	-
AL= 1,037 m ² /m	AG= 20,25 m ² /t

Tabla 12: Parámetros HEB 180

4.2.1 Cálculo de resistencia a flexión eje Y:

Se deberá satisfacer la siguiente ecuación:

$$W_{el,y} \geq \frac{M_{y,ed}}{f_{yd}} = \frac{45,32 \cdot 10^6 N \cdot mm}{261,9 MPa} = 173,043 \cdot 10^3 mm^3 \leq 425,70 \cdot 10^3 \rightarrow CUMPLE$$

Siendo f_{yd} la resistencia de cálculo del acero minorada obtenida tal y como se muestra en el apartado 7.7.1 "Acero estructural" del documento de la memoria.

En el catálogo de perfiles se deberá de escoger un perfil que como mínimo tenga el valor del módulo resistente mínimo obtenido anteriormente.

Respecto a la condición de resistencia se deberá cumplir la siguiente expresión:

Tensión combinada generada por el axil y el flector:

$$\sigma = \frac{Ned}{A} + \frac{My, ed}{W_{el, y}} = \frac{33,99 \cdot 10^3}{6530} + \frac{45,32 \cdot 10^6}{425,70 \cdot 10^3} = 111,67 \text{ MPa}$$

Tensión tangencial generada por el esfuerzo cortante:

$$\tau_{xz} = \frac{Vz}{Avz} = \frac{31,40 \cdot 10^3}{2024,00 \text{ mm}^2} = 15,51 \text{ MPa}$$

Tensión de comparación Von Mises:

$$\sigma_{comp} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2_{xz})} = \sqrt{(111,67^2 + 3 \cdot 15,51^2)} = 114,86 \text{ MPa} < 261,9 \text{ MPa} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como se puede observar en los cálculos anteriores, el pilar cumple por resistencia.

4.2.2 Comprobación por radio de giro:

Las betas de pandeo se tomarán conforme a lo estipulado en el apartado 1.1.2 "Pilares intermedios de los pórticos testeros y pilares de forjado" de este mismo anejo, en el cual quedan establecidos los diferentes valores para betas de pandeo según el eje. Las betas de pandeo para los pilares son las siguientes y se deberán de cumplir las siguientes comprobaciones:

$$L_{ky} = \beta \cdot l = 0,7 \cdot 7 = 4,9\text{m}$$

$$L_{kz} = \beta \cdot l = 0,7 \cdot 7 = 4,9\text{m}$$

$$i_y \geq \frac{L_{ky}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{4900}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{275}{210000}} = 28,22 \text{ mm} \leq 76,60\text{mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$i_z \geq \frac{L_{kz}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_z}{E}} = \frac{4900}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{275}{210000}} = 28,22 \text{ mm} \leq 45,70\text{mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.2.3 Cálculo de la carga axil crítica:

$$N_{cri, y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L^2 k_y} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 3831 \cdot 10^4}{4900^2} = 3307,04 \text{ kN}$$

$$N_{cri, z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2 k_z} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 1363 \cdot 10^4}{4900^2} = 1179,58 \text{ kN}$$

4.2.4 Cálculo de la esbeltez reducida:

Se deberá de cumplir que la esbeltez reducida de las barras comprimidas deberá de ser inferior al valor de 2 de acuerdo a los establecido en el CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3.

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cri, y}}} = \sqrt{\frac{6530 \cdot 275}{3307,04 \cdot 10^3}} = 0,74 \leq 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_z}{N_{cri, z}}} = \sqrt{\frac{6530 \cdot 275}{1179,58 \cdot 10^3}} = 1,24 \leq 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Para el cálculo se tomará la esbeltez reducida más desfavorable, que en el caso del proyecto será la que se da en el eje z, dado que está más cerca del valor límite establecido en la norma. Por lo tanto, el factor de reducción por pandeo será:

$$\lambda_z = \lambda; \lambda = 1,24$$

El coeficiente de imperfección necesario para el cálculo se puede obtener de las tablas 35.1.2a Y 35.1.2.b que aparecen en la norma de acero EAE 2022.

En el caso del pilar intermedio del pórtico hastial de acuerdo a sus características, los coeficientes de imperfección elástica para cada uno de sus ejes serán los siguientes:

$$\alpha_y = 0,34; \alpha_z = 0,49$$

Por lo tanto, se puede obtener:

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + (\lambda)^2]$$

Sustituyendo las variables Lambda y Alfa para cada uno de los ejes se puede obtener el valor para cada uno de ellos siendo el resultado obtenido el siguiente:

$$\Phi_y = 0,86; \Phi_z = 1,52$$

Para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo se utilizará la siguiente ecuación:

$$X = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^3 - (\lambda)^2}} \leq 1$$

Sustituyendo nuevamente las variables en la ecuación anterior para cada uno de los ejes se obtienen los siguientes resultados:

$$X_y = 0,76 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$X_z = 0,42 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A continuación, tras realizar el cálculo de todos los parámetros necesarios para la comprobación del pandeo del pilar se procede a la resolución de la ecuación de comprobación inicialmente planteada.

$$\frac{N_{ed}}{X \cdot f_{yd} \cdot A} + \frac{1}{1 - \left(\frac{X_{LT} \cdot N_{ed}}{N_{cr,y}}\right)} \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{d,y,ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \frac{1}{1 - \left(\frac{N_{ed}}{N_{cr,z}}\right)} \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Resolviendo:

$$\frac{33,99 \cdot 10^3}{0,76 \cdot 261,9 \cdot 6530} + \frac{1}{1 - \left(\frac{1 \cdot 33,99 \cdot 10^3}{3307,04 \cdot 10^3}\right)} \cdot \frac{1 \cdot 45,32 \cdot 10^6}{425,70 \cdot 10^3 \cdot 261,9} \leq 1$$

$$0,72 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.2.5 Comprobación de los ELS (Estado límite de Servicio):

Tras realizar la comprobación del pilar a resistencia o ELU (Estado Límite Último) se ha obtenido un resultado óptimo y por consiguiente correcto y acorde a lo estipulado en la normativa. A continuación, se procede a la comprobación de la deformación que sufre el pilar y si ésta es o no permisible de acuerdo a las premisas prestablecidas en el proyecto.

De acuerdo a la normativa vigente y a lo que indica el CTE DB-SE-A la flecha límite de los pilares deberá ser de $(L/250)$. Sin embargo, se ha tomado la decisión de disminuir aún más esta deformación permisible a un valor de $(L/300)$ dado que el valor establecido por la normativa podría resultar perjudicial para el cerramiento estructural y, además, podría originar un cierto rechazo visual por parte del cliente. Por tanto, la comprobación quedará de la siguiente manera:

$$\text{Flecha máxima permisible} = \frac{L}{300} = \frac{7m}{300} = 0,023m \text{ o } 23,30 \text{ mm}$$

Una vez definida la flecha límite se procede a la obtención de la flecha máxima con ayuda del programa de cálculo CYPE 3D, cuyo valor de flecha máximo arrojado es el siguiente:

$$\text{Flecha máxima CYPE 3D} = 8,209 \text{ mm} \times 3,790 \text{ m}$$

Por lo que la comprobación del ELS del pilar resulta favorable dado que se cumple la siguiente condición:

$$23,30 \text{ mm} \geq 8,21 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Tal y como se ha mostrado en los cálculos anteriores el pilar intermedio del pórtico hastial más desfavorable cumple con todos los requisitos resistentes y de deformación que son exigidos por la normativa vigente, por lo tanto, quedará validada la futura ejecución de dicho elemento estructural en obra.

4.3 Comprobación del primer tramo pilar intermedio del pórtico testero o hastial.

En este caso se va a proceder a la comprobación del pilar del pórtico testero en el cual se sitúa el forjado de oficinas, el cual se corresponde al pilar: 1C, según la codificación establecida en la Figura 16: Denominación de los elementos, perteneciente al documento: *Memoria*. Aunque el pilar vaya a ser un único elemento, en el programa se ha introducido una beta de pandeo para cada uno de los tramos del perfil. En el caso de la parte inferior se supondrá empotrado en su base y articulado en su cabeza por lo que se utilizará una beta de pandeo de 0,7 en sus dos ejes.

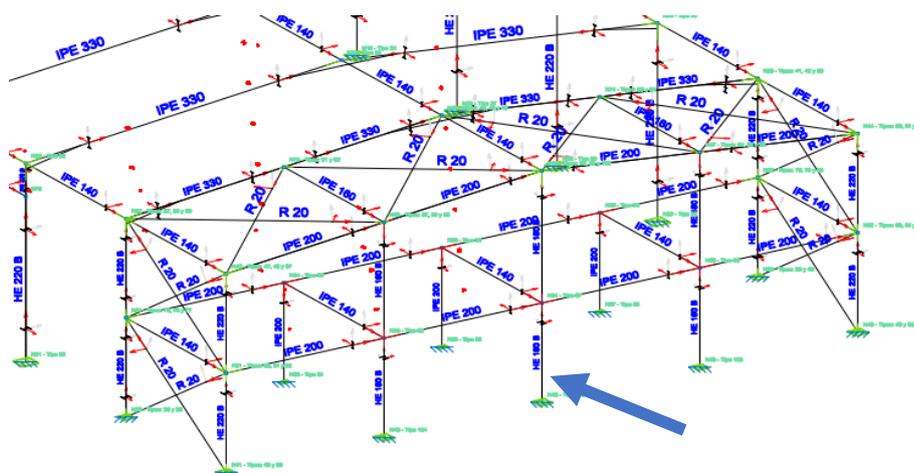
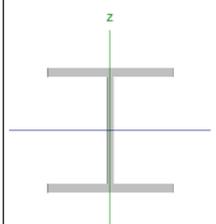


Figura 29: Tramo inferior pilar pórtico testero

El perfil utilizado para la ejecución de los pilares de los pórticos intermedios del pórtico testero de estructura será un HEB 180 cuyas características principales serán las que se adjuntan en la siguiente figura:

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 _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽²⁾ (cm ⁴)		
	N48	N54	3.000	65.30	3831.00	1363.00	42.21				
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.					
	b	0.70	0.70	0.00		0.00					
	L _k	2.100	2.100	0.000		0.000					
	C _m	1.000	1.000	1.000		1.000					
C _t	-			1.000		1.000					
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _t : Factor de modificación para el momento crítico											
Situación de incendio											
Resistencia requerida: R 90 Factor de forma: 167.88 m-1 Temperatura máx. de la barra: 677.0 °C Mortero de vermiculita-perlita con cemento (alta densidad): 15 mm											

COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado	
Barra	T	L	N	M	V	M ₂	M ₂ V	M ₂ V ₂	M ₂	M ₂ V	M ₂ V ₂	M ₂	M ₂ V		
N48/N54	1 = 2.0 Cumple	1 = 1.1... Cumple	N ₀ = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 10.6	x: 0 m h = 34.3	x: 0 m h = 10.7	x: 1.864 m h = 10.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 51.1	h < 0.1	h = 0.1	x: 0 m h = 10.1	x: 1.864 m h = 0.5	CUMPLE h = 51.1
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.															

COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado
Barra	N	N	M ₂	V ₂	M ₂ V ₂	M ₂ V ₂	NM ₂	NM ₂ V ₂	M ₂	M ₂ V	M ₂ V ₂	M ₂	M ₂ V	
N48/N54	N ₀ = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 23.9	x: 0 m h = 38.3	x: 0 m h = 11.9	x: 0 m h = 11.2	h = 0.6	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 65.7	h < 0.1	h = 0.1	x: 0 m h = 11.2	h = 0.6	CUMPLE h = 65.7
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.														
Notación: N: Resistencia a tracción N: Resistencia a compresión M ₂ : Resistencia a flexión eje Y M ₂ : Resistencia a flexión eje Z V ₂ : Resistencia a corte Z V ₂ : Resistencia a corte Y M ₂ V ₂ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M ₂ V ₂ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM ₂ : Resistencia a flexión y axil combinados NM ₂ V ₂ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M ₂ : Resistencia a torsión M ₂ V: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M ₂ V: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede.														

Figura 30: Datos perfil HEB 180

A continuación, se adjunta una tabla con los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos en el punto más desfavorable obtenidos mediante el Cype 3D:

Esfuerzo	Hipótesis de carga	Esfuerzo solicitante máximo
Momento flector eje Y	0,8·PP+0,8·CM1+1,5·V(0°)H1	Med = 43,18kN·m
Momento flector eje Z	PP+CM1+0.3·Q(B)+0.3·SX+SY	Med= 6,47kN·m
Cortante eje Y	PP+CM1+0.3·Q(B)+0.3·SX+SY	Ved= 3,96 kN
Cortante eje Z	1.35·PP+1.35·CM1+1.05·Q(B)+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI)	Ved= 30,93kN
Axil Compresión	1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q(B)+0.9·V(90°)H1+0.75·N(EI)	N, ced=149,37kN
Torsión	0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(180°)H1	Mt, ed= 0,00kN·m

Tabla 13: Esfuerzos solicitantes de cálculo pésimo

Datos prontuario del perfil:

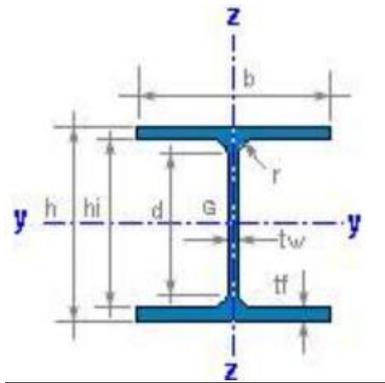


Figura 31: Perfil HEB. ORIGEN: <https://www.construmatica.com/>

H= 180 mm	R= 15 mm
B= 180 mm	D= 122,0 mm
Tw= 8,5 mm	Hi= 152 mm
Tf= 14,0 mm	-
A= 65,3 cm ²	M= 51,2 kg/m
Iy=3831 cm ⁴	Iz= 1363 cm ⁴
Wy= 425,7 cm ³	Wz=151,4 cm ³
Wply= 481,5 cm ³	Wplz=231,0 cm ³
Iy=7,66 cm	Iz=4,57 cm
It= 42,2 cm ⁴	Iw= 93887cm ⁶
Sy=240,7 cm ³	Avz=20,24 cm ²
Sy= 15,9 cm	-
AL= 1,037 m ² /m	AG= 20,25 m ² /t

Tabla 14: Parámetros HEB 180

4.3.1 Cálculo de resistencia a flexión eje Y:

Se deberá satisfacer la siguiente ecuación:

$$W_{el,y} \geq \frac{M_{y,ed}}{f_{yd}} = \frac{43,18 \cdot 10^6 N \cdot mm}{261,9 MPa} = 164,87 \cdot 10^3 mm^3 \leq 425,70 \cdot 10^3 \rightarrow CUMPLE$$

Siendo f_{yd} la resistencia de cálculo del acero minorada obtenida tal y como se muestra en el apartado 7.7.1 "Acero estructural" del documento de la memoria.

En el catálogo de perfiles se deberá de escoger un perfil que como mínimo tenga el valor del módulo resistente mínimo obtenido anteriormente.

Respecto a la condición de resistencia se deberá cumplir la siguiente expresión:

Tensión combinada generada por el axil y el flector:

$$\sigma = \frac{N_{ed}}{A} + \frac{M_{y,ed}}{W_{el,y}} = \frac{149,37 \cdot 10^3}{6530} + \frac{43,18 \cdot 10^6}{425,70 \cdot 10^3} = 124,31 MPa$$

Tensión tangencial generada por el esfuerzo cortante:

$$\tau_{xz} = \frac{V_z}{A_{vz}} = \frac{30,93 \cdot 10^3}{2024,00 mm^2} = 15,28 MPa$$

Tensión de comparación Von Mises:

$$\sigma_{comp} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2_{xz})} = \sqrt{(124,31^2 + 3 \cdot 15,28^2)} = 127,096 \text{ MPa} < 261,9 \text{ MPa} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como se puede observar en los cálculos anteriores, el pilar cumple por resistencia.

4.3.2 Comprobación por radio de giro:

Las betas de pandeo se tomarán conforme a lo estipulado en el apartado 1.1.2 “Pilares intermedios de los pórticos testeros y pilares de forjado” de este mismo anejo, en el cual quedan establecidos los diferentes valores para betas de pandeo según el eje. Las betas de pandeo para los pilares son las siguientes y se deberán de cumplir las siguientes comprobaciones:

$$L_{ky} = \beta \cdot l = 0,7 \cdot 3 = 2,1\text{m}$$

$$L_{kz} = \beta \cdot l = 0,7 \cdot 3 = 2,1\text{m}$$

$$i_y \geq \frac{L_{ky}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{2100}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{275}{210000}} = 12,095 \text{ mm} \leq 76,60\text{mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$i_z \geq \frac{L_{kz}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_z}{E}} = \frac{2100}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{275}{210000}} = 12,095 \text{ mm} \leq 45,70\text{mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.3.3 Cálculo de la carga axil crítica:

$$N_{cri,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L^2 k_y} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 3831 \cdot 10^4}{2100^2} = 18004,98 \text{ kN}$$

$$N_{cri,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2 k_z} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 1363 \cdot 10^4}{2100^2} = 6405,84 \text{ kN}$$

4.3.4 Cálculo de la esbeltez reducida:

Se deberá de cumplir que la esbeltez reducida de las barras comprimidas deberá de ser inferior al valor de 2 de acuerdo a los establecido en el CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3.

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cri,y}}} = \sqrt{\frac{6530 \cdot 275}{18004,98 \cdot 10^3}} = 0,32 \leq 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_z}{N_{cri,z}}} = \sqrt{\frac{6530 \cdot 275}{6405,84 \cdot 10^3}} = 0,53 \leq 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Para el cálculo se tomará la esbeltez reducida más desfavorable, que en el caso del proyecto será la que se da en el eje z, dado que está más cerca del valor límite establecido en la norma. Por lo tanto, el factor de reducción por pandeo será:

$$\lambda_z = \lambda; \lambda = 0,53$$

El coeficiente de imperfección necesario para el cálculo se puede obtener de las tablas 35.1.2a Y 35.1.2.b que aparecen en la norma de acero EAE 2022.

En el caso del pilar intermedio del pórtico hastial de acuerdo a sus características, los coeficientes de imperfección elástica para cada uno de sus ejes serán los siguientes:

$$\alpha_y = 0,49; \alpha_z = 0,49$$

Por lo tanto, se puede obtener:

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + (\lambda)^2]$$

Sustituyendo las variables Lambda y Alfa para cada uno de los ejes se puede obtener el valor para cada uno de ellos siendo el resultado obtenido el siguiente:

$$\Phi_y = 0,64; \Phi_z = 0,86$$

Para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo se utilizará la siguiente ecuación:

$$X = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^3 - (\lambda)^2}} \leq 1$$

Sustituyendo nuevamente las variables en la ecuación anterior para cada uno de los ejes se obtienen los siguientes resultados:

$$X_y = 0,89 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$X_z = 0,73 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A continuación, tras realizar el cálculo de todos los parámetros necesarios para la comprobación del pandeo del pilar se procede a la resolución de la ecuación de comprobación inicialmente planteada.

$$\frac{N_{ed}}{X \cdot f_{yd} \cdot A} + \frac{1}{1 - \left(\frac{X_{LT} \cdot N_{ed}}{N_{criy}}\right)} \cdot \frac{C_{my} \cdot M_{dy,ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \frac{1}{1 - \left(\frac{N_{ed}}{N_{criz}}\right)} \cdot \frac{C_{mz} \cdot M_{z,ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Resolviendo:

$$\frac{149,37 \cdot 10^3}{0,89 \cdot 261,9 \cdot 6530} + \frac{1}{1 - \left(\frac{1 \cdot 149,37 \cdot 10^3}{18004,98 \cdot 10^3}\right)} \cdot \frac{1 \cdot 43,18 \cdot 10^6}{425,70 \cdot 10^3 \cdot 261,9} \leq 1$$

$$0,49 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.3.5 Comprobación de los ELS (Estado límite de Servicio):

Tras realizar la comprobación del pilar a resistencia o ELU (Estado Límite Último) se ha obtenido un resultado óptimo y por consiguiente correcto y acorde a lo estipulado en la normativa. A continuación, se procede a la comprobación de la deformación que sufre el pilar y si ésta es o no permisible de acuerdo a las premisas preestablecidas en el proyecto.

De acuerdo a la normativa vigente y a lo que indica el CTE DB-SE-A la flecha límite de los pilares deberá ser de (L/250). Sin embargo, se ha tomado la decisión de disminuir aún más esta deformación permisible a un valor de (L/300) dado que el valor establecido por la normativa podría resultar perjudicial para el cerramiento estructural y, además, podría originar un cierto rechazo visual por parte del cliente. Por tanto, la comprobación quedará de la siguiente manera:

$$\text{Flecha máxima permisible} = \frac{L}{300} = \frac{3m}{300} = 0,01m \text{ o } 10,00 \text{ mm}$$

Una vez definida la flecha límite se procede a la obtención de la flecha máxima con ayuda del programa de cálculo CYPE 3D, cuyo valor de flecha máximo arrojado es el siguiente:

$$Flecha\ máxima\ CYPE\ 3D = 6,0060\ mm\ X = 2,90\ m$$

Por lo que la comprobación del ELS del pilar resulta favorable dado que se cumple la siguiente condición:

$$10,00\ mm \geq 6,0060\ mm \rightarrow CUMPLE$$

Tal y como se ha mostrado en los cálculos anteriores, el tramo inferior del pilar intermedio del pórtico hastial más desfavorable cumple con todos los requisitos resistentes y de deformación que son exigidos por la normativa vigente, por lo tanto, quedará validada la futura ejecución de dicho elemento estructural en obra.

4.4 Comprobación del segundo tramo del pilar intermedio del pórtico testero o hastial.

En este caso se va a proceder a la comprobación del pilar del pórtico testero en el cual se sitúa el forjado de oficinas, el cual se corresponde al pilar: 1C, según la codificación establecida en la Figura 16: Denominación de los elementos, perteneciente al documento: Memoria. Aunque el pilar vaya a ser un único elemento, en el programa se ha introducido una beta de pandeo para cada uno de los tramos del perfil. En el caso de la parte superior se supondrá articulado tanto en su cabeza como en la base por lo que se utilizará una beta de pandeo de 1 en sus dos ejes.

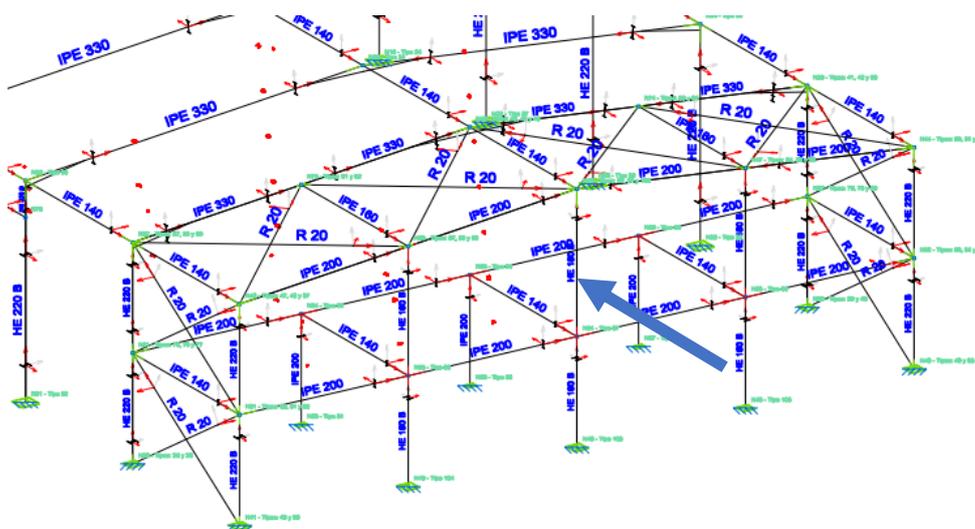


Tabla 15: Tramo superior pilar pórtico testero

El perfil utilizado para la ejecución de los pilares de los pórticos intermedios del pórtico testero de estructura será un HEB 180 cuyas características principales serán las que se adjuntan en la siguiente figura:

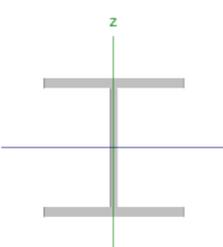
Perfil: HE 180 B Material: Acero (S275)															
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas											
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)								
		N54	N45	4.000	65.30	3831.00	1363.00	42.21							
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme															
	Pandeo			Pandeo lateral											
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.										
	b	1.00	1.00	0.00	0.00										
	L _p	4.000	4.000	0.000	0.000										
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000										
	C _t		-	1.000											
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _p : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _t : Factor de modificación para el momento crítico															
Situación de incendio															
Resistencia requerida: R 90 Factor de forma: 167,88 m-1 Temperatura máx. de la barra: 677,0 °C Mortero de vermiculita-perlita con cemento (alta densidad): 15 mm															
COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															
Barra	N	N ₁	N ₂	M ₁	M ₂	V ₁	V ₂	M ₁ V ₁	M ₂ V ₂	NM ₁	NM ₂	M ₁ V ₁	M ₂ V ₂	Estado	
N54/N45	1 < 2,0 Cumple	1, 1, 1 Cumple	x: 3.889 m h = 0,6	x: 0,1 m h = 3,4	x: 1.363 m h = 19,3	x: 3,89 m h = 8,3	x: 3.89 m h = 5,5	h < 0,3	h < 0,1	x: 0,732 m h = 23,1	h < 0,1	h = 0,1	x: 3,89 m h = 5,5	h = 0,2	CUMPLE h = 23,1
COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															
Barra	N	N ₁	M ₁	V ₁	M ₁ V ₁	M ₁ V ₁	NM ₁	NM ₁	M ₁ V ₁	M ₁ V ₁	Estado				
N54/N45	N ₁ = 0,00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0,1 m h = 7,1	x: 1,363 m h = 21,4	x: 0,1 m h = 9,1	x: 3,89 m h = 6,1	h = 0,4	h < 0,1	h < 0,1	x: 0,521 m h = 27,4	h < 0,1	h = 0,1	x: 3,89 m h = 6,1	h = 0,4	CUMPLE h = 27,4	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axis de tracción.															
Notación: N: Resistencia a tracción N ₁ : Resistencia a compresión M: Resistencia a flexión eje Y M ₁ : Resistencia a flexión eje Z V: Resistencia a corte Z V ₁ : Resistencia a corte Y M ₁ V ₁ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M ₁ V ₂ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM ₁ : Resistencia a flexión y axil combinados NM ₁ V ₁ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M: Resistencia a torsión M ₁ V ₁ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M ₁ V ₂ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															

Figura 32: Datos perfil HEB 180

A continuación, se adjunta una tabla con los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos en el punto más desfavorable obtenidos mediante el Cype 3D:

Esfuerzo	Hipótesis de carga	Esfuerzo solicitante máximo
Momento flector eje Y	$0,8 \cdot PP + 0,8 \cdot CM1 + 1,5 \cdot V(0^\circ)H1$	Med = 24,32kN·m
Momento flector eje Z	$1,35 \cdot PP + 1,35 \cdot CM1 + 1,05 \cdot Q(B) + 1,5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0,75 \cdot N(R)2$	Med = 5,04kN·m
Cortante eje Y	$1,35 \cdot PP + 1,35 \cdot CM1 + 1,05 \cdot Q(B) + 1,5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0,75 \cdot N(R)2$	Ved = 2,49 kN
Cortante eje Z	$0,8 \cdot PP + 0,8 \cdot CM1 + 1,5 \cdot V(0^\circ)H1$	Ved = 16,85kN
Axil Compresión	$1,35 \cdot PP + 0,8 \cdot CM1 + 0,9 \cdot V(90^\circ)H1 + 1,5 \cdot N(EI)$	N, ced = 31,55kN
Torsión	$0,8 \cdot PP + 0,8 \cdot CM1 + 1,5 \cdot V(180^\circ)H2$	Mt, ed = 0,00kN·m

Figura 33: Esfuerzos solicitantes de cálculo pésimo

Datos prontuario del perfil:

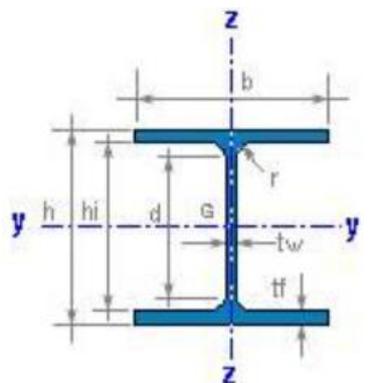


Figura 34: Perfil HEB. ORIGEN: <https://www.construmatica.com/>

H= 180 mm	R= 15 mm
B= 180 mm	D= 122,0 mm
Tw= 8,5 mm	Hi= 152 mm
Tf= 14,0 mm	-
A= 65,3 cm ²	M= 51,2 kg/m
Iy=3831 cm ⁴	Iz= 1363 cm ⁴
Wy= 425,7 cm ³	Wz=151,4 cm ³
Wply= 481,5 cm ³	Wplz=231,0 cm ³
Iy=7,66 cm	Iz=4,57 cm
It= 42,2 cm ⁴	Iw= 93887cm ⁶
Sy=240,7 cm ³	Avz=20,24 cm ²
Sy= 15,9 cm	-
AL= 1,037 m ² /m	AG= 20,25 m ² /t

Figura 35:Parámetros HEB 180

4.4.1 Cálculo de resistencia a flexión eje Y:

Se deberá satisfacer la siguiente ecuación:

$$W_{el,y} \geq \frac{M_{y,ed}}{f_{yd}} = \frac{24,32 \cdot 10^6 N \cdot mm}{261,9 MPa} = 92,86 \cdot 10^3 mm^3 \leq 425,70 \cdot 10^3 \rightarrow CUMPLE$$

Siendo f_{yd} la resistencia de cálculo del acero minorada obtenida tal y como se muestra en el apartado 7.7.1 “Acero estructural” del documento de la memoria.

En el catálogo de perfiles se deberá de escoger un perfil que como mínimo tenga el valor del módulo resistente mínimo obtenido anteriormente.

Respecto a la condición de resistencia se deberá cumplir la siguiente expresión:

Tensión combinada generada por el axil y el flector:

$$\sigma = \frac{N_{ed}}{A} + \frac{M_{y,ed}}{W_{el,y}} = \frac{31,55 \cdot 10^3}{6530} + \frac{24,32 \cdot 10^6}{425,70 \cdot 10^3} = 61,96 MPa$$

Tensión tangencial generada por el esfuerzo cortante:

$$\tau_{xz} = \frac{V_z}{A_{vz}} = \frac{16,85 \cdot 10^3}{2024,00 mm^2} = 8,33 MPa$$

Tensión de comparación Von Mises:

$$\sigma_{comp} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)} = \sqrt{(61,96^2 + 3 \cdot 8,33^2)} = 63,62 \text{ MPa} < 261,9 \text{ MPa} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como se puede observar en los cálculos anteriores, el pilar cumple por resistencia.

4.4.2 Comprobación por radio de giro:

Las betas de pandeo se tomarán conforme a lo estipulado en el apartado 1.1.2 “Pilares intermedios de los pórticos testeros y pilares de forjado” de este mismo anejo, en el cual quedan establecidos los diferentes valores para betas de pandeo según el eje. Las betas de pandeo para los pilares son las siguientes y se deberán de cumplir las siguientes comprobaciones:

$$L_{ky} = \beta \cdot l = 1 \cdot 4 = 4 \text{ m}$$

$$L_{kz} = \beta \cdot l = 1 \cdot 4 = 4 \text{ m}$$

$$i_y \geq \frac{L_{ky}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{4000}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{275}{210000}} = 23,04 \text{ mm} \leq 76,60 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$i_z \geq \frac{L_{kz}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_z}{E}} = \frac{4000}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{275}{210000}} = 23,04 \text{ mm} \leq 45,70 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.4.3 Cálculo de la carga axil crítica:

$$N_{cri,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L^2 k_y} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 3831 \cdot 10^4}{4000^2} = 4962,62 \text{ kN}$$

$$N_{cri,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2 k_z} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 1363 \cdot 10^4}{4000^2} = 1765,61 \text{ kN}$$

4.4.4 Cálculo de la esbeltez reducida:

Se deberá de cumplir que la esbeltez reducida de las barras comprimidas deberá de ser inferior al valor de 2 de acuerdo a los establecido en el CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3.

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cri,y}}} = \sqrt{\frac{6530 \cdot 275}{4962,62 \cdot 10^3}} = 0,60 \leq 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_z}{N_{cri,z}}} = \sqrt{\frac{6530 \cdot 275}{1765,61 \cdot 10^3}} = 1,01 \leq 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Para el cálculo se tomará la esbeltez reducida más desfavorable, que en el caso del proyecto será la que se da en el eje z, dado que está más cerca del valor límite establecido en la norma. Por lo tanto, el factor de reducción por pandeo será:

$$\lambda_z = \lambda; \lambda = 1,01$$

El coeficiente de imperfección necesario para el cálculo se puede obtener de las tablas 35.1.2a Y 35.1.2.b que aparecen en la norma de acero EAE 2022.

En el caso del pilar intermedio del pórtico hastial de acuerdo a sus características, los coeficientes de imperfección elástica para cada uno de sus ejes serán los siguientes:

$$\alpha_y = 0,49; \alpha_z = 0,49$$

Por lo tanto, se puede obtener:

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + (\lambda)^2]$$

Sustituyendo las variables Lambda y Alfa para cada uno de los ejes se puede obtener el valor para cada uno de ellos siendo el resultado obtenido el siguiente:

$$\Phi_y = 0,95; \Phi_z = 1,64$$

Para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo se utilizará la siguiente ecuación:

$$X = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^3 - (\lambda)^2}} \leq 1$$

Sustituyendo nuevamente las variables en la ecuación anterior para cada uno de los ejes se obtienen los siguientes resultados:

$$X_y = 0,67 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$X_z = 0,39 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A continuación, tras realizar el cálculo de todos los parámetros necesarios para la comprobación del pandeo del pilar se procede a la resolución de la ecuación de comprobación inicialmente planteada.

$$\frac{N_{ed}}{X \cdot f_{yd} \cdot A} + \frac{1}{1 - \left(\frac{X_{LT} \cdot N_{ed}}{N_{criy}}\right)} \cdot \frac{C_{my} \cdot M_{dy,ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \frac{1}{1 - \left(\frac{N_{ed}}{N_{criz}}\right)} \cdot \frac{C_{mz} \cdot M_{z,ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Resolviendo:

$$\frac{31,55 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 261,9 \cdot 6530} + \frac{1}{1 - \left(\frac{1 \cdot 31,55 \cdot 10^3}{4962,62 \cdot 10^3}\right)} \cdot \frac{1 \cdot 24,32 \cdot 10^6}{425,70 \cdot 10^3 \cdot 261,9} \leq 1$$

$$0,24 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.4.5 Comprobación de los ELS (Estado límite de Servicio):

Tras realizar la comprobación del pilar a resistencia o ELU (Estado Límite Último) se ha obtenido un resultado óptimo y por consiguiente correcto y acorde a lo estipulado en la normativa. A continuación, se procede a la comprobación de la deformación que sufre el pilar y si ésta es o no permisible de acuerdo a las premisas preestablecidas en el proyecto.

De acuerdo a la normativa vigente y a lo que indica el CTE DB-SE-A la flecha límite de los pilares deberá ser de (L/250). Sin embargo, se ha tomado la decisión de disminuir aún más esta deformación permisible a un valor de (L/300) dado que el valor establecido por la normativa podría resultar perjudicial para el cerramiento estructural y, además, podría originar un cierto rechazo visual por parte del cliente. Por tanto, la comprobación quedará de la siguiente manera:

$$\text{Flecha máxima permisible} = \frac{L}{300} = \frac{4m}{300} = 0,013m \text{ o } 13,33 \text{ mm}$$

Una vez definida la flecha límite se procede a la obtención de la flecha máxima con ayuda del programa de cálculo CYPE 3D, cuyo valor de flecha máximo arrojado es el siguiente:

$$Flecha\ máxima\ CYPE\ 3D = 7,24\ mm\ X = 1,15m$$

Por lo que la comprobación del ELS del pilar resulta favorable dado que se cumple la siguiente condición:

$$13,33mm \geq 7,24\ mm \rightarrow CUMPLE$$

Tal y como se ha mostrado en los cálculos anteriores el pilar intermedio del pórtico hastial más desfavorable cumple con todos los requisitos resistentes y de deformación que son exigidos por la normativa vigente, por lo tanto, quedará validada la futura ejecución de dicho elemento estructural en obra.

5 Dimensionado de dinteles

Los cálculos referentes a la comprobación estructural del dintel del pórtico testero y del pórtico intermedio más desfavorable se pueden encontrar en el: [Anejo II.1: Cálculo estructural dintel](#)

6 Dimensionado de correas

Los cálculos referentes a la comprobación estructural de las correas se pueden encontrar en el: [Anejo II.2: Cálculo estructural correas](#)

7 Dimensionado de zapatas

Los cálculos referentes a la comprobación estructural de los distintos tipos de zapatas se pueden encontrar en el: [Anejo II.3: Cálculo estructural zapatas](#)

8 Dimensionado de vigas de atado

Los cálculos referentes a la comprobación estructural de las vigas de atado se pueden encontrar en el: [Anejo II.4: Cálculo estructural vigas de atado](#)

9 Dimensionado de placas de anclaje

Los cálculos referentes a la comprobación estructural de los diferentes tipos de placas de anclaje se pueden encontrar en el: [Anejo II.5: Cálculo estructural placas de anclaje](#)

10 Dimensionado de uniones

Los cálculos referentes a la comprobación estructural de las uniones se pueden encontrar en el: [Anejo II.6: Cálculo estructural uniones](#)

11 Dimensionado de vigas y pilares de forjado

Los cálculos referentes a la comprobación estructural de la viga de forjado más desfavorable se pueden encontrar en el: [Anejo II.7: Cálculo estructural vigas de forjado](#)

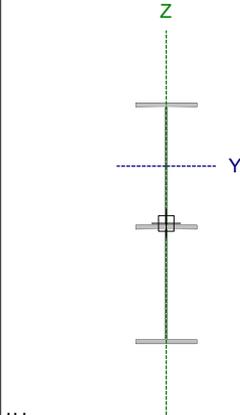
Los cálculos referentes a la comprobación estructural del pilar de forjado más desfavorable se pueden encontrar en el: [Anejo II.8: Cálculo estructural pilares de forjado](#)

Anejo II.1: Càlculo estructural dinteles

Barra N14/N15

Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 1.75 m. Cartela final inferior: 1.75 m.)
Material: Acero (S275)

Inicial	Final	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾					
			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)
N14	N15	10.050	102.58	50295.91	1181.54	40.22	0.00	149.62
Notas: ⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N14) ⁽²⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad								
			Pandeo		Pandeo lateral			
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00		1.99		0.00		0.00	
L _K	0.000		20.000		0.000		0.000	
C _m	1.000		1.000		1.000		1.000	
C ₁			-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								
Situación de incendio								
Resistencia requerida: R 90 Factor de forma: 214.50 m-1 Temperatura máx. de la barra: 633.0 °C Mortero de vermiculita-perlita con cemento (alta densidad): 20 mm								



Producción por una versión educativa de CYPE

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 _y V _z	M _z V _y	NM _z	NM _y V _z	M _t	M _y V _t	M _z V _t	
N14/N15	x: 1.86 m λ < 2.0 Cumple	x: 0.547 m λ _w ≤ λ _{w,lim} Cumple	x: 1.86 m η = 2.0	x: 1.86 m η = 12.5	x: 8.301 m η = 62.5	x: 8.301 m η = 0.4	x: 1.752 m η = 13.2	x: 1.86 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 8.301 m η = 78.8	η < 0.1	x: 1.86 m η = 0.5	x: 1.752 m η = 13.2	x: 1.86 m η < 0.1	CUMPLE η = 78.8

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 _z	NM _y V _z	M _t	M _y V _t	M _z V _t			
N14/N15	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 1.86 m η = 22.0	x: 8.301 m η = 64.3	x: 8.301 m η = 0.3	x: 1.752 m η = 13.6	x: 1.86 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.111 m η < 0.1	x: 8.301 m η = 93.1	η < 0.1	x: 1.86 m η = 0.4	x: 1.752 m η = 13.6	x: 1.86 m η < 0.1	CUMPLE η = 93.1	

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_y: Resistencia a corte Y
 V_z: Resistencia a corte Z
 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_z: Resistencia a flexión y axil combinados
 NM_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t: Resistencia a torsión
 M_yV_t: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 M_zV_t: Resistencia a cortante Z 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 $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.68} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

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

$$\mathbf{A} : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{609.87} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{609.87} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{\infty}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Donde:

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

$$\mathbf{I}_y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I}_z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{28.06} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{20.000} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{14.16} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{i}_y : \underline{13.71} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{3.55} \text{ cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

73.19 ≤ 342.68 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.

h_w : 548.94 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

A_w: Área del alma.

A_w : 41.17 cm²

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

A_{fc,ef} : 18.40 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} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.020 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(0°)H1.

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

N_{t,Ed} : 33.25 kN

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

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

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

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.038 ✓

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

η : 0.125 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

N_{c,Ed} : 62.43 kN

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

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.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{501.31} \text{ kN}$$

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.

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

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

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.

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

$$\chi_y : \underline{0.31}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{2.07}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.68}$$

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

$$N_{cr} : \underline{609.87} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{609.87} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.625} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 8.301 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{131.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 8.301 m del nudo N14, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{51.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 8.301 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1-SX-0.3·SY.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 8.301 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+X+0.3·SY.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.132} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.752 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{53.81} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{409.06} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.05} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

$$36.13 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{36.13}$$

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

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.

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

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

Siendo:

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$66.88 \text{ kN} \leq 366.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{66.88} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{733.16} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.02 \text{ kN} \leq 438.32 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{876.64} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.660} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.788} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.442} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en un punto situado a una distancia de 8.301 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo p^{ésimo}.

N_{c,Ed} : 54.04 kN

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

M_{y,Ed}⁺ : 131.61 kN·m

M_{z,Ed}⁻ : 0.08 kN·m

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

Clase : 1

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

N_{pl,Rd} : 1639.52 kN

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

M_{pl,Rd,y} : 210.57 kN·m

M_{pl,Rd,z} : 40.33 kN·m

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

A: Área de la sección bruta.

A : 62.60 cm²

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

W_{pl,y} : 804.00 cm³

W_{pl,z} : 154.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M1} : 1.05

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

k_y : 1.09

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

k_z : 1.00

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

C_{m,y} : 1.00

C_{m,z} : 1.00

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

χ_y : 0.31

χ_z : 1.00

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

λ̄_y : 1.68

λ̄_z : 0.00

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

α_y : 0.60

α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - 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 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 0.9 \cdot V(180^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$66.88 \text{ kN} \leq 366.26 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{66.88} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{732.51} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones $PP + CM1 + SX + 0.3 \cdot SY$.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : \underline{3.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.132} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.752 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{53.81} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{408.66} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{409.06} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.37} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{31.69} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{597.14} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.80} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_t : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_t : \underline{24.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Por una versión educativa de CYPE

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:

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

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

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

$$\eta : \underline{0.220} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.2·N(EI).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{26.26} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{672.66} \text{ kN}$$

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 : $\underline{62.60}$ cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : $\underline{107.45}$ MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

f_{y,θ} : $\underline{107.45}$ MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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

f_y : $\underline{275.00}$ MPa

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

k_{y,θ} : $\underline{0.39}$

γ_{M,θ}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,θ} : $\underline{1.00}$

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:

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

N_{b,Rd} : $\underline{119.11}$ kN

Donde:

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

A : $\underline{62.60}$ cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : $\underline{107.45}$ MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

f_{y,θ} : $\underline{107.45}$ MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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

f_y : $\underline{275.00}$ MPa

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

k_{y,θ} : $\underline{0.39}$

γ_{M,θ}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,θ} : $\underline{1.00}$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : $\underline{0.18}$

Siendo:

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

φ_y : $\underline{3.22}$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : $\underline{0.49}$

λ̄: Esbeltez reducida.

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

λ̄_y : $\underline{2.12}$

k_{λ,θ}: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

k_{λ,θ} : $\underline{1.26}$

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

N_{cr} : $\underline{609.87}$ kN

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

N_{cr,y} : $\underline{609.87}$ kN

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.643} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 8.301 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.2·N(EI).

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{55.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

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

$$M_{c,Rd} : \underline{86.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

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 8.301 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{16.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.136} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.752 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.2·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{22.74} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{167.83} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.05} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

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

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

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:

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

$$36.13 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{36.13}$$

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{245.52} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

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.

$$f_{yd} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$27.91 \text{ kN} \leq 150.40 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+0.2·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{27.91} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{300.80} \text{ kN}$$

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

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

$$0.01 \text{ kN} \leq 179.83 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{359.67} \text{ kN}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.679} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.931} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.480} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 8.301 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.2·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{22.55} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{55.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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 compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{672.66} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{86.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{16.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,\theta} :$ <u>1.00</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y :$ <u>1.15</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z :$ <u>1.00</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>
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y :$ <u>0.18</u> $\chi_z :$ <u>1.00</u>
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y :$ <u>2.12</u> $\bar{\lambda}_z :$ <u>0.00</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y :$ <u>0.60</u> $\alpha_z :$ <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)

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+CM1+0.2·N(EI).

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

$$27.91 \text{ kN} \leq 150.25 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{27.91}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{300.51}{\quad} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(90°)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:

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

$$M_{T,Rd} : \underline{1.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.136} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.752 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.2·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{22.74} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{167.65} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{167.83} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.17} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{31.69} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

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

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

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:

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

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N14, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{245.09} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{245.52} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.27} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{107.45} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

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

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

Barra N44/N47

Perfil: IPE 200
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)
	N44	N47	5.025	28.50	1943.00	142.00	6.92
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	5.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-			1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 90 Factor de forma: 289.49 m-1 Temperatura máx. de la barra: 614.5 °C Mortero de vermiculita-perlita con cemento (alta densidad): 25 mm							

Producido por una decisión definitiva de CYPE

		COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado	
Barra		$\bar{\lambda}$	λ_{rel}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M ₁ V _z	M ₂ V _y	NM ₁ M ₂	NM ₁ M ₂ V _z	M _t	M ₁ V _z	M ₂ V _y	Estado
N44/N47	Cumple	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{rel} \leq \lambda_{rel,max}$	x: 5.025 m $\eta = 0.2$	x: 0.111 m $\eta = 1.8$	x: 5.025 m $\eta = 20.5$	x: 5.025 m $\eta = 3.0$	x: 5.025 m $\eta = 5.5$	x: 0.111 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.025 m $\eta = 22.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 5.025 m $\eta = 3.3$	x: 0.111 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 22.4$
		COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado	
Barra		N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M ₁ V _z	M ₂ V _y	NM ₁ M ₂	NM ₁ M ₂ V _z	M _t	M ₁ V _z	M ₂ V _y	Estado		
N44/N47	Cumple	N _{tes} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.111 m $\eta = 2.4$	x: 5.025 m $\eta = 17.2$	x: 5.025 m $\eta = 2.2$	x: 5.025 m $\eta = 4.6$	x: 0.111 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.025 m $\eta = 20.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 5.025 m $\eta = 1.9$	x: 0.111 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 20.3$		
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 ₁ V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M ₂ V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM ₁ M ₂ : Resistencia a flexión y axil combinados NM ₁ M ₂ V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M ₁ V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M ₂ 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 $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.70} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{\infty}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Donde:

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

$$\mathbf{I}_y : \underline{1943.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I}_z : \underline{142.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{6.92} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{13000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{8.55} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{i}_y : \underline{8.26} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{2.23} \text{ cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$32.68 \leq 251.55 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{183.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{10.25} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{8.50} \text{ cm}^2$$

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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{1.61} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N44, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{11.31} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{633.64} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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.

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

$$\chi_y : \underline{0.85}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.80}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.70}$$

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

$$N_{cr} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.205} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{7.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 0.9 \cdot V(180^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{11.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{11.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.055} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(180°)H2+1.5·N(R)1.

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

$$V_{Ed} : \underline{11.76} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{8.50} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

$$28.39 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N44, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.39} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{183.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$8.32 \text{ kN} \leq 105.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CM1+1.05·Q(B)+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{8.32} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.39 \text{ kN} \leq 137.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.39} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.224} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.222} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.143} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en el nudo N47, para la combinaci3n de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(R)1.$$

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p^{ésimo}.

$$N_{c,Ed} : \underline{7.20} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p^{ésimos}, seg^{un} los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{11.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la secci3n, seg^{un} 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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{11.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)

A : 3rea de la secci3n bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de c3lculo del acero.

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

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

Siendo:

f_y : L3mite el3stico. (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 interacci3n.

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

$$k_y : \underline{1.01}$$

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

$$k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducci3n por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.85}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relaci3n a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.70}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la secci3n.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(EI).$$

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

$$8.32 \text{ kN} \leq 105.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{8.32}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{211.94}{\quad} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: 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:

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

$$M_{T,Rd} : \underline{1.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{8.14}{\quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen en el nudo N47, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+0.9·V(270°)H1+1.5·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p^simo.

$$V_{Ed} : \underline{7.03} \text{ kN}$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de c3lculo p^simo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de c3lculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{211.85} \text{ kN}$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsi3n.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.16} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_T: M3dulo de resistencia a torsi3n.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de c3lculo del acero.

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

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

Siendo:

f_y: L3mite el3stico. (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:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N44, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.39} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{275.79} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.27} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_t : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_t : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N44, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(180°)H2.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{5.17} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{341.53} \text{ kN}$$

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 : 28.50 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 119.84 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

f_{y,θ} : 119.84 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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} : 0.44

γ_{M,θ}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,θ} : 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:

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

N_{b,Rd} : 211.64 kN

Donde:

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

A : 28.50 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 119.84 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

f_{y,θ} : 119.84 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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} : 0.44

γ_{M,θ}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,θ} : 1.00

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : 0.62

Siendo:

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

φ_y : 1.04

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

λ̄: Esbeltez reducida.

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

λ̄_y : 0.87

k_{λ,θ}: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

k_{λ,θ} : 1.24

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

N_{cr} : 1610.84 kN

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

N_{cr,y} : 1610.84 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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.172} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(0°)H2.

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(180°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{4.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{26.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{5.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.046} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(180°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{4.44} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{96.97} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{8.50} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

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

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

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:

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

$$28.39 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N44, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{126.28} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{183.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$3.55 \text{ kN} \leq 48.49 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.2·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{3.55} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{96.97} \text{ kN}$$

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

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

$$0.13 \text{ kN} \leq 63.14 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{126.28} \text{ kN}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.197} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.203} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.130} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N47, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(180°)H2.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{4.54} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{4.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{341.53} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{26.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{5.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

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

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

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.62}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.87}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - 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+CM1+0.3·Q(B)+0.2·N(EI).

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

$$3.55 \text{ kN} \leq 48.49 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{3.55} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{96.97} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)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:

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

$$M_{T,Rd} : \underline{0.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N47, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.81} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{96.92} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{96.97} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.09} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_t : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_t : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

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

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

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:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N44, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{126.21} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{126.28} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.09} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

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

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

Anejo II.2: Cálculo estructural correas

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 51.24 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 100 Material: S 275 (EN 1993-1-1)										
	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)	
	9.502, 40.000, 6.950		9.502, 35.000, 6.950		5.000					10.30
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme									
			Pandeo			Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.		
	β	0.00		1.00		0.00		0.00		
	L _k	0.000		5.000		0.000		0.000		
	C _m	1.000		1.000		1.000		1.000		
	C ₁			-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Producto por una versión educativa de CYPE

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 3 EN 1993-1-1: 2005)												Estado		
	λ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
Pésima en cubierta	x: 0.833 m λ _w ≤ λ _{w,max} Cumple	N _{ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 5 m η = 51.2	M _{ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 5 m η = 6.9	V _{ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.833 m η < 0.1	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	M _{ed} = 0.00 N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽⁹⁾	CUMPLE η = 51.2
Notación: λ _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _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 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															
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.															

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

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

21.61 ≤ 246.60 ✓

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.

- h_w** : 88.60 mm
- t_w** : 4.10 mm
- A_w** : 3.63 cm²
- A_{fc,ef}** : 3.14 cm²
- k** : 0.30
- E** : 210000 MPa
- f_{yf}** : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.3)

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

Resistencia a compresión (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.4)

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

Resistencia a flexión eje Y (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.512} \quad \checkmark$$

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 9.502, 35.000, 6.950, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 1.50 \cdot Q + 0.75 \cdot N(R) 2 + 0.90 \cdot V(180^\circ) H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{5.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{10.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{39.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Tabla 3.1)

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

Resistencia a pandeo lateral: (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.3.2)

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

Resistencia a flexión eje Z (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.5)

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

Resistencia a corte Z (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.069} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 9.502, 35.000, 6.950, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*Q + 0.75*N(R) 2 + 0.90*V(180°) H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.55} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{80.37} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{5.06} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

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

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{55.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{5.70} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{7.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Tabla 3.1)

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

Abolladura por cortante del alma: (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 6.2.6)

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

$$\frac{d}{t_w} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

$$18.20 < \underline{55.46} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.20}$$

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{55.46}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

η : Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material.

$$\eta : \underline{1.20}$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Tabla 3.1)

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

Resistencia a corte Y (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.6)

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.8)

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

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

$$1.85 \text{ kN} \leq 40.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.833 m del nudo 9.502, 40.000, 6.950, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 1.50 \cdot Q + 0.75 \cdot N(R) 2 + 0.90 \cdot V(180^\circ) H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.85} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{80.37} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, 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 (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.9)

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 (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.10)

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

Resistencia a torsión (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.7)

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.7)

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 (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.7)

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

Producción por elevación
Tipografía
Cada
No
No
No

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 71.51 %

Coordenadas del nudo inicial: 9.502, 40.000, 6.950

Coordenadas del nudo final: 9.502, 35.000, 6.950

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(R) 2 + 1.00 \cdot V(180^\circ) H1$ a una distancia 2.500 m del origen en el primer vano de la correa.

($I_y = 171 \text{ cm}^4$) ($I_z = 16 \text{ cm}^4$)

Anejo II.3: Cálculo estructural zapatas

Referencia: N63		
Dimensiones: 90 x 90 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.119682 MPa	Cumple
- Tensión media en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.118897 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.145777 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.195219 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.22926 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: 2733.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 129.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 11.31 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 11.53 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 4.41 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 467.4 kN/m ²	Cumple
- Situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 5769.2 kN/m ² Calculado: 234.3 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N63:		
	Mínimo: 30 cm Calculado: 34 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.00094	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.00094	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0005 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>		
	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 10 cm Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
	Mínimo: 15 cm	

Referencia: N63		
Dimensiones: 90 x 90 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.31		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.31		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 182.56 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 0.00 kN		

Referencia: N48		
Dimensiones: 155 x 155 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión media en situaciones accidentales sísmicas: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: - Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas: 	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0622935 MPa Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0583695 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0629802 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.133808 MPa Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.092214 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Reserva seguridad: 11.1 % Reserva seguridad: 901.2 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Momento: 46.34 kN·m Momento: 21.66 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Cortante: 46.30 kN Cortante: 8.14 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE</i> <ul style="list-style-type: none"> - Situaciones persistentes: - Situaciones accidentales sísmicas: 	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 197.7 kN/m ² Máximo: 5769.2 kN/m ² Calculado: 102 kN/m ²	Cumple Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: <ul style="list-style-type: none"> - N48: 	Mínimo: 49 cm Calculado: 54 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y: 	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: 	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0004 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> <ul style="list-style-type: none"> - Parrilla inferior: - Parrilla superior: 	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	Máximo: 30 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N48		
Dimensiones: 155 x 155 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	Mínimo: 10 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo: 	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud mínima de las patillas: <ul style="list-style-type: none"> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo: 	Mínimo: 12 cm Calculado: 12 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
Relación rotura pésima (En dirección X): 0.27		
Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.13		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 431.44 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 431.44 kN		

Producido por una versión educativa de CYPE

Referencia: N16 Dimensiones: 200 x 300 x 75 Armados: Xi:Ø12c/16 Yi:Ø16c/29 Xs:Ø12c/16 Ys:Ø16c/29		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión media en situaciones accidentales sísmicas: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: - Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas: 	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0546417 MPa Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0246231 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0864261 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.109578 MPa Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0494424 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Reserva seguridad: 4344.0 % Reserva seguridad: 14.9 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Momento: 15.79 kN·m Momento: 110.82 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Cortante: 5.98 kN Cortante: 87.60 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE</i> <ul style="list-style-type: none"> - Situaciones persistentes: - Situaciones accidentales sísmicas: 	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 75.9 kN/m ² Máximo: 5769.2 kN/m ² Calculado: 27.9 kN/m ²	Cumple Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 75 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: <ul style="list-style-type: none"> - N16: 	Mínimo: 65 cm Calculado: 69 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y: 	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.00094 Calculado: 0.00094	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0005 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> <ul style="list-style-type: none"> - Parrilla inferior: - Parrilla superior: 	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: 	Máximo: 30 cm Calculado: 16 cm Calculado: 29 cm Calculado: 16 cm	Cumple Cumple Cumple

Referencia: N16		
Dimensiones: 200 x 300 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/16 Yi:Ø16c/29 Xs:Ø12c/16 Ys:Ø16c/29		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 29 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: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 24 cm Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 24 cm Calculado: 63 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
<ul style="list-style-type: none"> - Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08) - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.32 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 992.77 kN - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 661.88 kN 		

Producido por una versión educativa de CYPE

Referencia: N58		
Dimensiones: 215 x 215 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión media en situaciones accidentales sísmicas: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: - Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas: 	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0244269 MPa Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0183447 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0226611 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0489519 MPa Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0217782 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Reserva seguridad: 0.2 % Reserva seguridad: 1048.8 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Momento: 44.82 kN·m Momento: 8.20 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Cortante: 60.82 kN Cortante: 7.46 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE</i> <ul style="list-style-type: none"> - Situaciones persistentes: - Situaciones accidentales sísmicas: 	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 40.8 kN/m ² Máximo: 5769.2 kN/m ² Calculado: 19.6 kN/m ²	Cumple Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: <ul style="list-style-type: none"> - N58: 	Mínimo: 49 cm Calculado: 54 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y: 	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> <ul style="list-style-type: none"> - Parrilla inferior: - Parrilla superior: 	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: 	Máximo: 30 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple Cumple Cumple

Referencia: N58		
Dimensiones: 215 x 215 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 10 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 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:	Calculado: 35 cm Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 18 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 18 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 18 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 18 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
Relación rotura pésima (En dirección X): 0.19		
Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.04		
Cortante de agotamiento (En dirección X): 598.51 kN		
Cortante de agotamiento (En dirección Y): 598.51 kN		

Referencia: N38		
Dimensiones: 200 x 200 x 75		
Armados: Xi:Ø16c/29 Yi:Ø16c/29 Xs:Ø16c/29 Ys:Ø16c/29		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión media en situaciones accidentales sísmicas: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: - Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas: 	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0452241 MPa Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0419868 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0589581 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0756351 MPa Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0658251 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Reserva seguridad: 580.6 % Reserva seguridad: 27.3 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Momento: 28.23 kN·m Momento: 41.52 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	Cortante: 10.89 kN Cortante: 24.23 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE</i> <ul style="list-style-type: none"> - Situaciones persistentes: - Situaciones accidentales sísmicas: 	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 127.7 kN/m ² Máximo: 5769.2 kN/m ² Calculado: 71 kN/m ²	Cumple Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 75 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: <ul style="list-style-type: none"> - N38: 	Mínimo: 65 cm Calculado: 68 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y: 	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.00094 Calculado: 0.00094 Calculado: 0.00094 Calculado: 0.00094	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> <ul style="list-style-type: none"> - Parrilla inferior: - Parrilla superior: 	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm Calculado: 16 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: 	Máximo: 30 cm Calculado: 29 cm Calculado: 29 cm Calculado: 29 cm	Cumple Cumple Cumple

Referencia: N38		
Dimensiones: 200 x 200 x 75		
Armados: Xi:Ø16c/29 Yi:Ø16c/29 Xs:Ø16c/29 Ys:Ø16c/29		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 29 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 29 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
Relación rotura pésima (En dirección X): 0.09		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.12		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 661.19 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 661.19 kN		

Anejo II.4: Cálculo estructural vigas de atado

Referencia: C.3 [N21-N16] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø20 -Armadura inferior: 2Ø20 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 24.4 cm Calculado: 24.4 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Recomendación para la separación máxima de estribos en vigas comprimidas por axiles en combinaciones sísmicas: ⁽¹⁾ <i>Al no ser necesaria la armadura longitudinal en compresión, no se aplica el requisito de separación de estribos en barras comprimidas.</i>		No procede ⁽¹⁾
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 24.4 cm Calculado: 24.4 cm	Cumple Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de esfuerzos axiles: - Armadura total (Situaciones accidentales sísmicas): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.4</i>	Mínimo: 8.2 cm ² Calculado: 12.56 cm ²	Cumple
Armadura necesaria por cálculo para el axil de compresión: - Situaciones accidentales sísmicas: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.15</i>	Mínimo: 0 cm ² Calculado: 12.56 cm ²	Cumple
Armadura necesaria por cálculo para el axil de tracción: - Situaciones accidentales sísmicas: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.15</i>	Mínimo: 0.04 cm ² Calculado: 12.56 cm ²	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> - Situaciones persistentes: - Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 35 cm Mínimo: 28 cm Mínimo: 35 cm	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> - Situaciones persistentes: - Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 27 cm Mínimo: 20 cm Mínimo: 27 cm	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> - Situaciones persistentes: - Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 35 cm Mínimo: 28 cm Mínimo: 35 cm	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> - Situaciones persistentes: - Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 27 cm Mínimo: 20 cm Mínimo: 27 cm	Cumple Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: - Situaciones accidentales sísmicas:	Momento flector: 0.00 kN·m Axil: ± 0.26 kN	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 20.0 mm (Cumple) - Zona de baja sismicidad.		

Referencia: C.3 [N21-N16] (Viga de atado)

-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm

-Armadura superior: 2Ø20

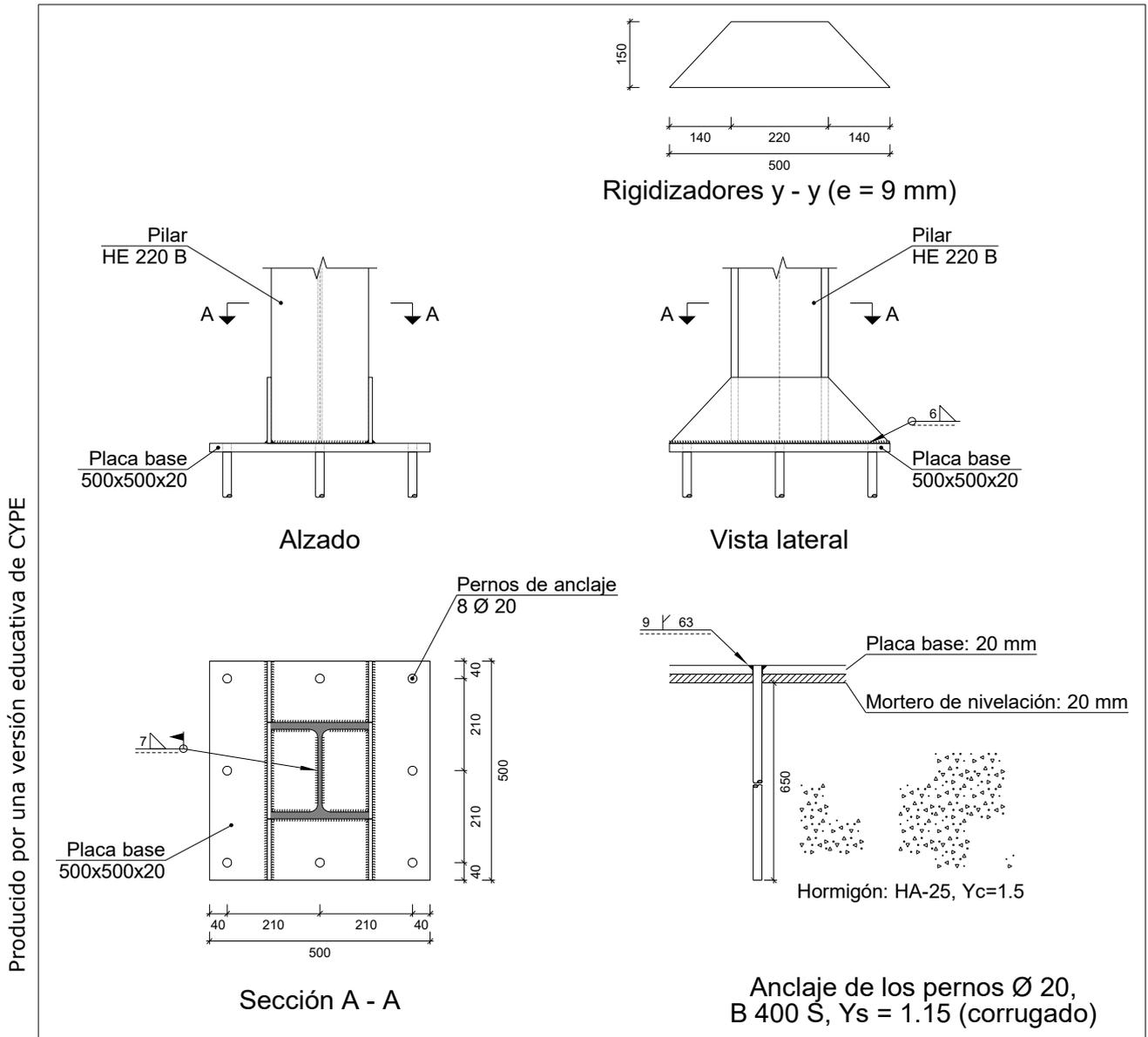
-Armadura inferior: 2Ø20

-Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación	Valores	Estado
- La determinación de los esfuerzos sobre las vigas de atado y centradoras se ha realizado de acuerdo a la Norma de Construcción Sismorresistente. El axil actuante sobre las mismas se ha obtenido afectando el axil proveniente del pilar con la fracción de la aceleración de cálculo correspondiente a la norma sísmica escogida.		

Anejo II.5: Cálculo estructural placas de anclaje

a) Detalle



Producido por una versión educativa de CYPE

b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Placa base		500	500	20	8	38	22	9	S275	275.0	410.0
Rigidizador		500	150	9	-	-	-	-	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)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (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

N1, N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36, N41, N23

Fecha:02/05/22

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-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 39.5	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 111.12 kN Calculado: 97.26 kN Máximo: 77.78 kN Calculado: 7.87 kN Máximo: 111.12 kN Calculado: 108.51 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 100.48 kN Calculado: 87.03 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 280.507 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Limite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 209.52 kN Calculado: 7.03 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 150.382 MPa Calculado: 146.867 MPa Calculado: 238.461 MPa Calculado: 201.531 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 513.134 Calculado: 501.927 Calculado: 3812.46 Calculado: 4284.45	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: 224.938 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.223 - Punto de tensión local máxima: (0.11, -0.04)		

Producido por una versión educativa de CYPE

N1, N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36, N41, N23

Fecha:02/05/22

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	500	9.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	500	9.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	9	63	20.0	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)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
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
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	197.9	342.8	88.82	0.0	0.00	410.0	0.85

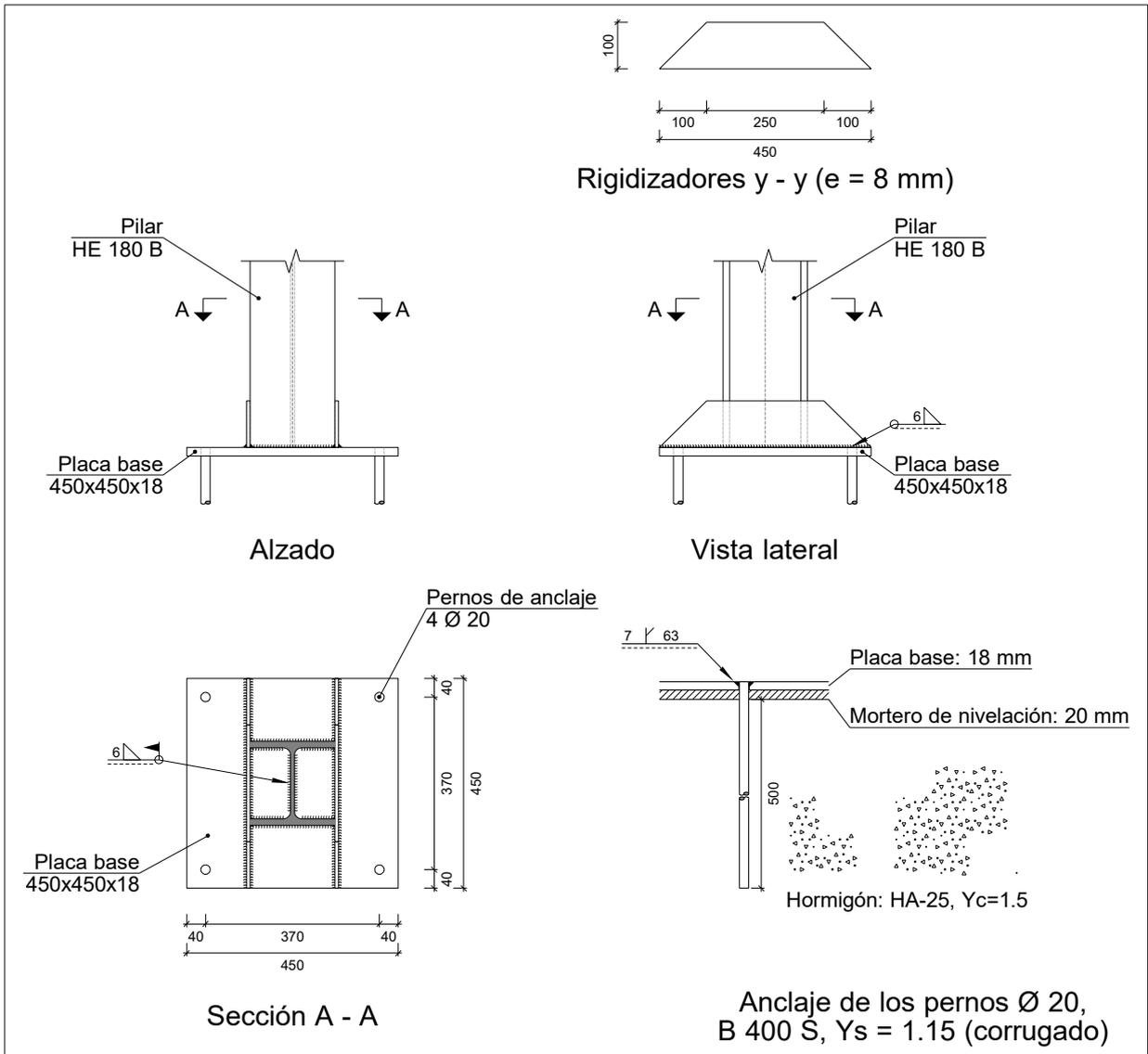
Producido por una versión educativa de CYPE

d) Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	1936
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	9	503
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1093

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x500x20	39.25
	Rigidizadores pasantes	2	500/220x150/0x9	7.63
	Total			46.88
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 20 - L = 710	14.01
	Total			14.01

a) Detalle



Producido por una versión educativa de CYPE

b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Placa base		450	450	18	4	34	22	7	S275	275.0	410.0
Rigidizador		450	100	8	-	-	-	-	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)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (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

Producido por una versión educativa de CYPE

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-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 36.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:	Máximo: 85.48 kN Calculado: 67.88 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 59.83 kN Calculado: 8.36 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 85.48 kN Calculado: 79.83 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 100.48 kN Calculado: 64.24 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 210.151 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Limite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 188.57 kN Calculado: 7.84 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 145.511 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 191.403 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 237.084 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 213.622 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 524.951	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 520.263	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2707.81	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2994.11	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.118		

Producido por una versión educativa de CYPE

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -94): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	450	8.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 94): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	450	8.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	7	63	18.0	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -94): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 94): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	204.5	354.2	91.79	0.0	0.00	410.0	0.85

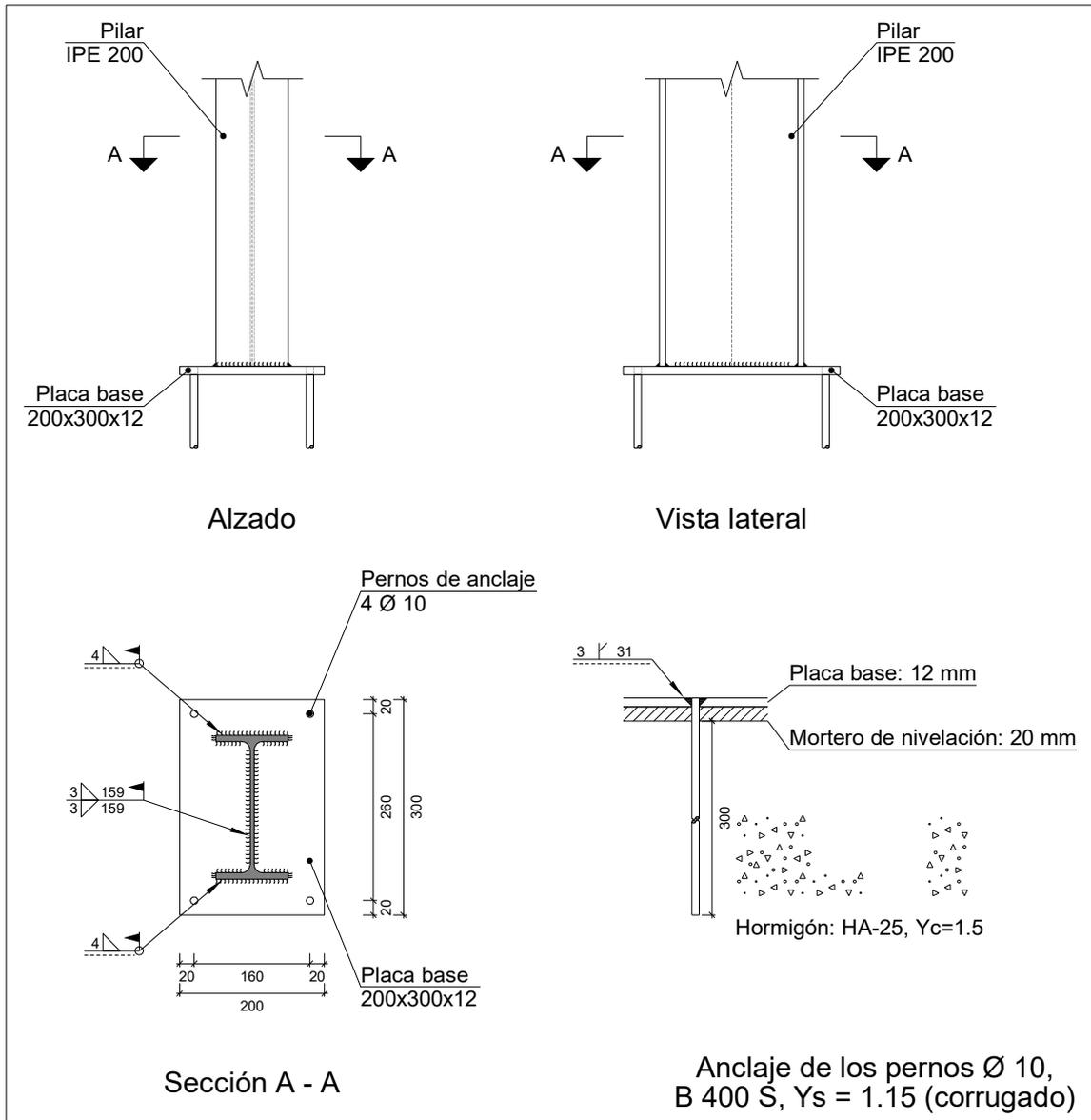
Producido por una versión educativa de CYPE

d) Medición

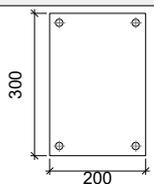
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	1744
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	251
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	887

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x450x18	28.61
	Rigidizadores pasantes	2	450/250x100/0x8	4.40
	Total			33.01
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 20 - L = 558	5.50
	Total			5.50

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios												
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)	
Placa base		200	300	12	4	16	12	3	S275	275.0	410.0	

c) Comprobación

1) Pilar IPE 200

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	100	8.5	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	3	159	5.6	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	100	8.5	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 _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	157.5	157.5	3.7	315.1	81.65	157.5	48.02	410.0	0.85
Soldadura del alma	94.5	94.5	6.4	189.3	49.05	94.5	28.80	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	120.3	120.3	3.6	240.7	62.36	120.3	36.67	410.0	0.85

Producido por una versión educativa de CYPE

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 160 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 15 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 25.64 kN Calculado: 5.51 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 17.95 kN Calculado: 1.65 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 25.64 kN Calculado: 7.88 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 25.12 kN Calculado: 6.42 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 88.6307 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 62.86 kN Calculado: 1.54 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 123.661 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 119.082 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 225.094 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 234.976 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1386.85	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1247.05	Cumple
- Arriba:	Calculado: 617.809	Cumple
- Abajo:	Calculado: 613.23	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.112		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	3	31	10.0	90.00
<i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

N63, N65, N67

Fecha:02/05/22

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	204.3	353.8	91.69	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	3	126
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	318
			4	375

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	200x300x12	5.65
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 10 - L = 342	0.84
				Total

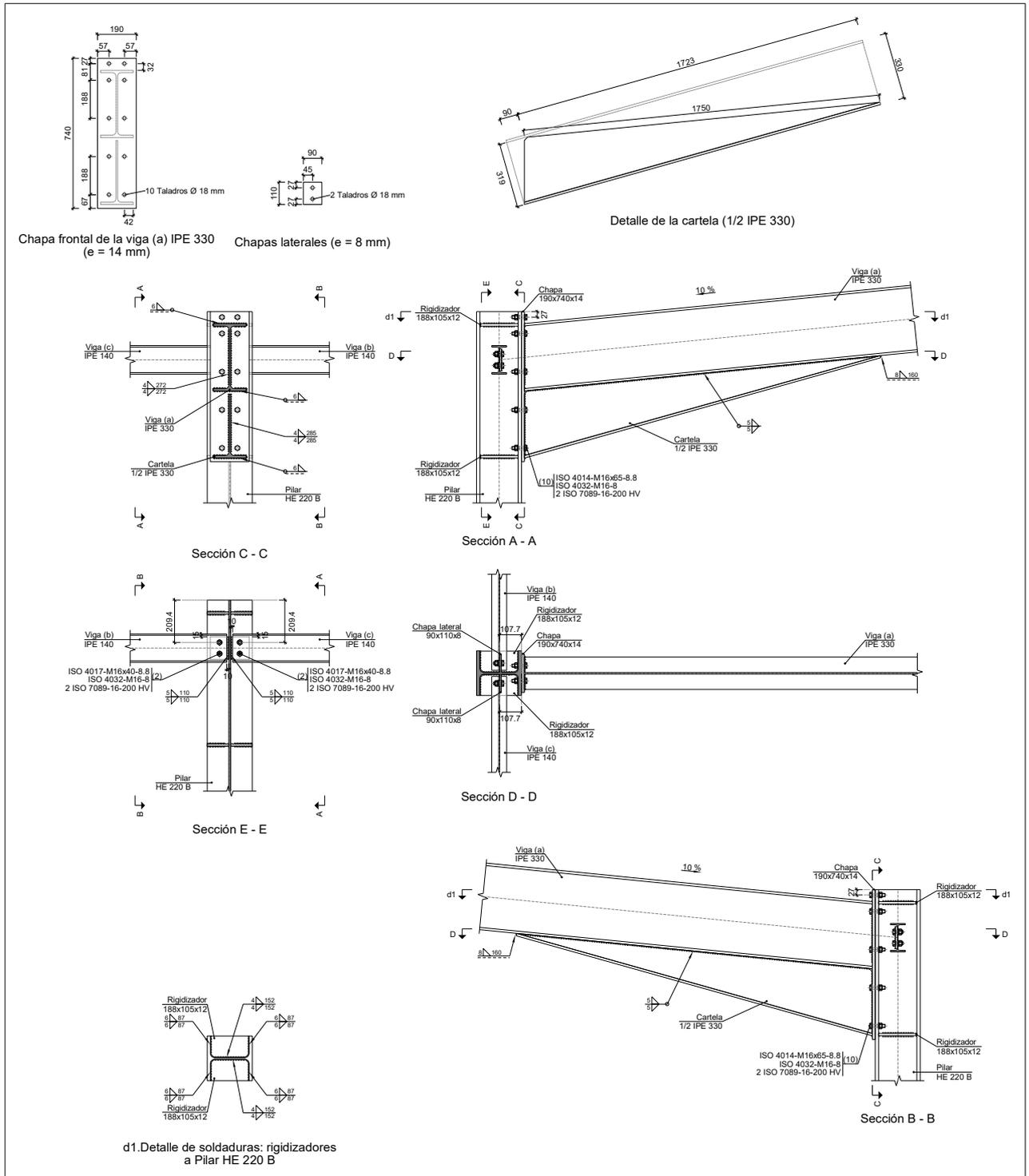
Producido por una versión educativa de CYPE

Anejo II.6: Cálculo estructural uniones

N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

a) Detalle

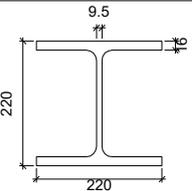
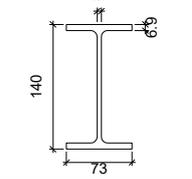
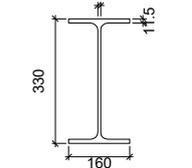


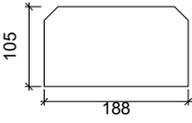
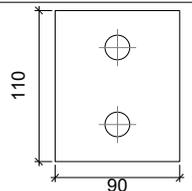
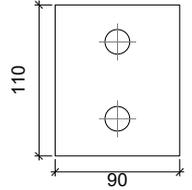
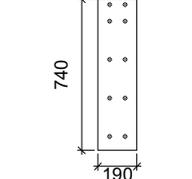
Producido por una versión educativa de CYPE

N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

b) Descripción de los componentes de la unión

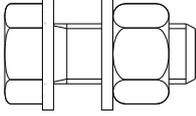
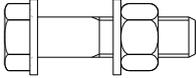
Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	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	105	12	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (c) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (b) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (a) IPE 330		190	740	14	10	18	S275	275.0	410.0

Producido por una versión educativa de CYPE

N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M16x40-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	40	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 220 B

Comprobaciones de resistencia							
	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Producido por una versión educativa de CYPE	Panel	Esbitez	--	--	--	30.58	
		Cortante	kN	822.39	857.06	95.95	
	Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	114.81	261.90	43.84	
	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	117.36	261.90	44.81	
	Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	114.85	261.90	43.85	
	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	117.33	261.90	44.80	
	Ala	Desgarro	N/mm ²	206.76	261.90	78.95	
		Cortante	N/mm ²	228.02	261.90	87.06	
	Viga (a) IPE 330	Ala	Tracción por flexión	kN	112.88	180.86	62.41
			Tracción	kN	42.63	266.63	15.99
	Viga (c) IPE 140	Alma	Tracción	kN	64.89	129.80	49.99
			Punzonamiento	kN	23.78	441.23	5.39
Viga (b) IPE 140	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	24.63	87.05	28.29	
		Punzonamiento	kN	23.78	441.23	5.39	
Viga (b) IPE 140	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	24.63	87.05	28.29	
		Punzonamiento	kN	23.78	441.23	5.39	

N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	87	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	87	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	87	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	87	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	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)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	81.2	81.2	0.0	162.4	42.08	81.2	24.75	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	83.0	143.8	37.25	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	83.0	83.0	0.0	166.0	43.01	83.0	25.30	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	100.8	174.5	45.23	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	81.2	81.2	0.0	162.4	42.09	81.2	24.76	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	83.0	143.8	37.26	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	83.0	83.0	0.0	165.9	43.00	83.0	25.29	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	100.7	174.5	45.21	0.0	0.00	410.0	0.85

Producido por una versión educativa de CYPE

2) Viga (a) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	112.88	139.15	81.12
Ala	Compresión	kN	262.68	500.86	52.44
	Tracción	kN	80.51	240.95	33.41
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	44.38	268.58	16.53
	Tracción	kN	71.04	202.48	35.08

N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

Cordones de soldadura

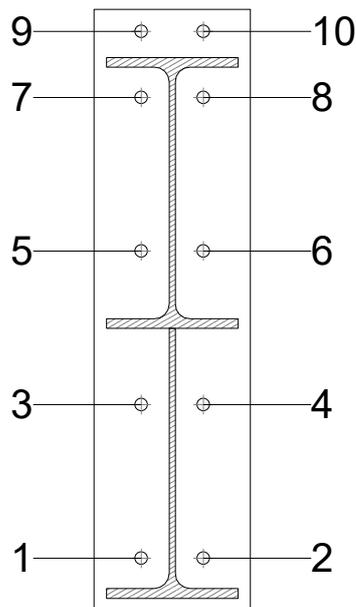
Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	160	11.5	84.29
Soldadura del alma	En ángulo	4	272	7.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	11.5	84.29
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	300	7.5	90.00
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	160	11.5	74.19
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	5	1750	7.5	90.00
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	8	160	11.5	79.90

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	87.2	78.9	0.5	162.1	42.01	87.2	26.58	410.0	0.85
Soldadura del alma	74.3	74.3	15.1	150.8	39.08	74.3	22.64	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	0.0	0.0	5.0	8.6	2.23	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	83.8	83.8	15.1	169.7	43.97	83.8	25.55	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	79.1	104.6	0.1	197.6	51.21	99.3	30.26	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	11.5	20.0	5.17	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

Producido por una versión educativa de CYPE

Comprobaciones para los tornillos



N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

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	--	57	188	76	33.0
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	188	76	33.0
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	188	76	33.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	188	76	33.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	188	76	33.0
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	188	76	33.0
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	81	76	33.0
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	81	76	33.0
9	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	27	57	81	76	27.0
10	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	27	57	81	76	27.0

--: La comprobación no procede.

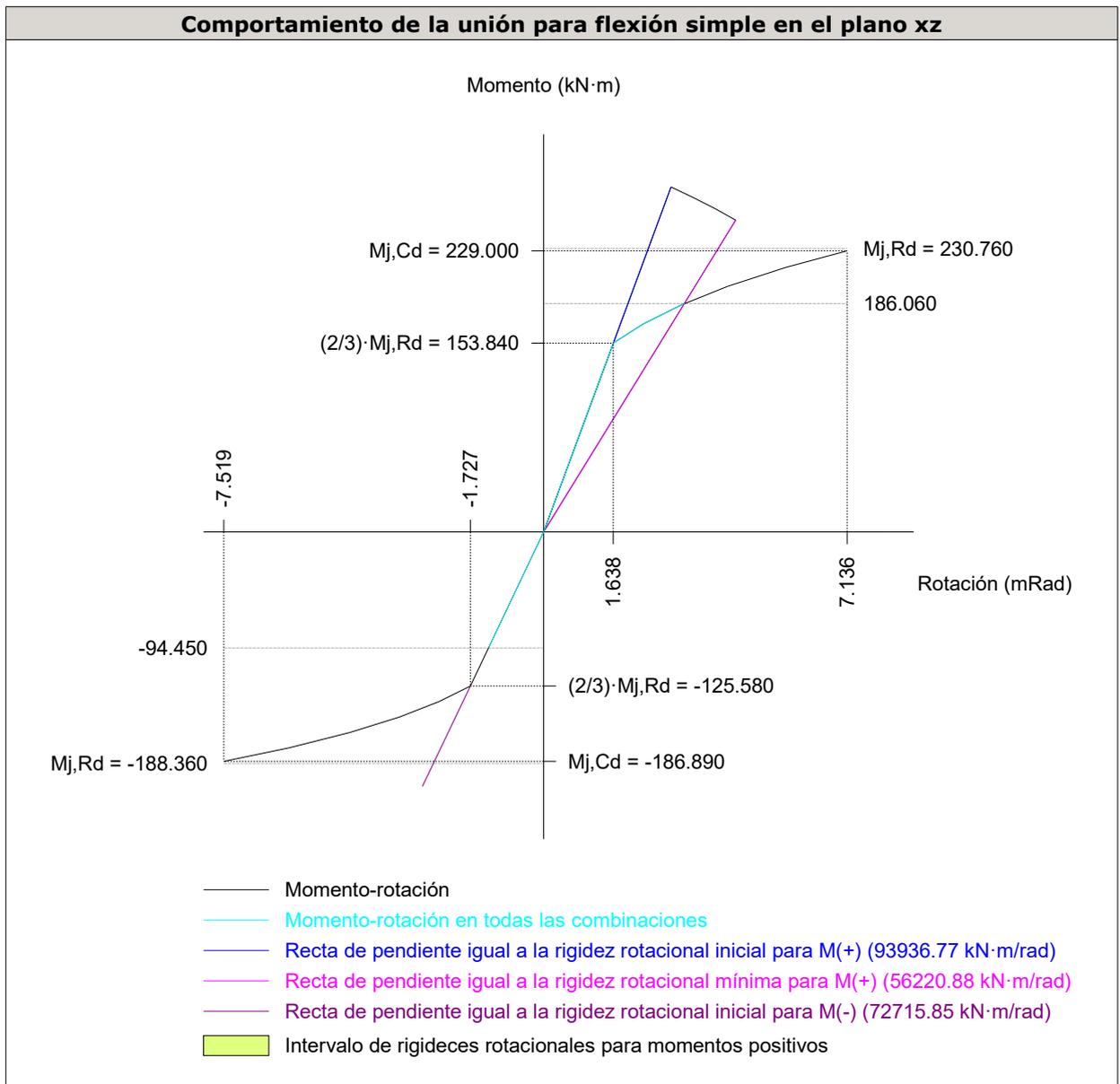
Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	38.371	64.340	59.64	Vástago	53.728	90.432	59.41	59.64	59.64
	Aplastamiento	38.371	183.680	20.89	Punzonamiento	53.728	219.639	24.46		
2	Sección transversal	38.371	64.340	59.64	Vástago	53.728	90.432	59.41	59.64	59.64
	Aplastamiento	38.371	183.680	20.89	Punzonamiento	53.728	219.639	24.46		
3	Sección transversal	7.747	64.340	12.04	Vástago	37.207	90.432	41.14	29.39	41.14
	Aplastamiento	7.747	183.680	4.22	Punzonamiento	37.207	219.639	16.94		
4	Sección transversal	7.771	64.340	12.08	Vástago	37.207	90.432	41.14	29.39	41.14
	Aplastamiento	7.771	183.680	4.23	Punzonamiento	37.207	219.639	16.94		
5	Sección transversal	7.936	64.340	12.33	Vástago	32.404	90.432	35.83	34.95	35.83
	Aplastamiento	7.936	183.680	4.32	Punzonamiento	32.404	219.639	14.75		
6	Sección transversal	7.952	64.340	12.36	Vástago	32.404	90.432	35.83	34.95	35.83
	Aplastamiento	7.952	183.680	4.33	Punzonamiento	32.404	219.639	14.75		
7	Sección transversal	10.049	64.340	15.62	Vástago	48.781	90.432	53.94	47.05	53.94
	Aplastamiento	10.049	183.680	5.47	Punzonamiento	48.781	219.639	22.21		
8	Sección transversal	10.049	64.340	15.62	Vástago	48.781	90.432	53.94	47.05	53.94
	Aplastamiento	10.049	183.680	5.47	Punzonamiento	48.781	219.639	22.21		
9	Sección transversal	10.049	64.340	15.62	Vástago	73.357	90.432	81.12	64.85	81.12
	Aplastamiento	8.303	98.540	8.43	Punzonamiento	73.357	219.639	33.40		
10	Sección transversal	10.049	64.340	15.62	Vástago	73.357	90.432	81.12	64.85	81.12
	Aplastamiento	8.305	98.219	8.46	Punzonamiento	73.357	219.639	33.40		

Producido por una versión educativa de CYPE

N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	14768.29	93936.77
Calculada para momentos negativos	14768.29	72715.85



Producido por una versión educativa de CYPE

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.16	1.80	64.70
Momento resistente	kNm	186.06	230.76	80.63
Capacidad de rotación	mRad	463.744	667	69.56

3) Viga (c) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.24
	Tensiones combinadas	--	--	--	10.78
	Pandeo local	N/mm ²	20.91	228.15	9.16
	Aplastamiento	kN	12.24	87.44	13.99
	Desgarro	kN	23.79	89.52	26.57
Alma	Aplastamiento	kN	12.24	39.97	30.61
	Desgarro	kN	23.79	80.62	29.50

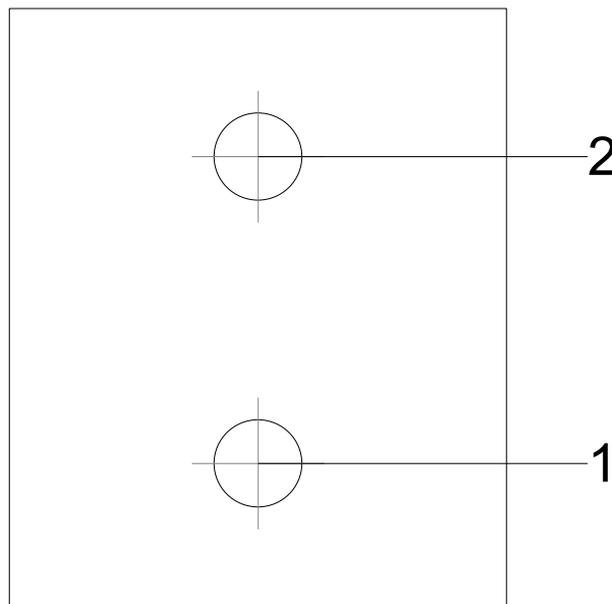
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	110	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)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	15.3	15.3	0.4	30.6	7.92	15.3	4.66	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

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	27	35	56	--	27.0
2	ISO 4017-M16x40-8.8	18.0	27	35	56	--	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	12.236	50.240	24.35	Vástago	0.000	90.432	0.00	24.35	24.35
	Aplastamiento	12.236	87.443	13.99	Punzonamiento	0.000	73.736	0.00		
2	Sección transversal	11.551	50.240	22.99	Vástago	0.000	90.432	0.00	22.99	22.99
	Aplastamiento	11.551	87.465	13.21	Punzonamiento	0.000	73.736	0.00		

4) Viga (b) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.24
	Tensiones combinadas	--	--	--	10.78
	Pandeo local	N/mm ²	19.09	228.15	8.37
	Aplastamiento	kN	12.24	87.44	13.99
	Desgarro	kN	23.79	89.52	26.57
Alma	Aplastamiento	kN	12.24	39.97	30.61
	Desgarro	kN	23.79	80.62	29.50

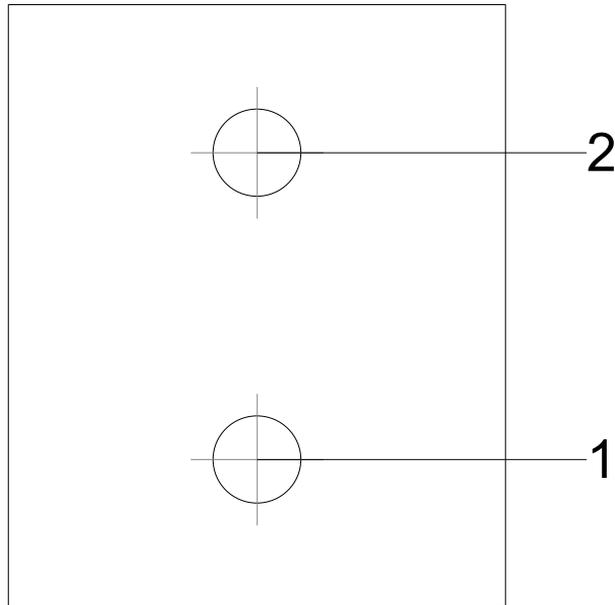
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	110	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)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	15.3	15.3	0.4	30.6	7.92	15.3	4.66	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-M16x40-8.8	18.0	27	35	56	--	27.0
2	ISO 4017-M16x40-8.8	18.0	27	35	56	--	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	12.236	50.240	24.35	Vástago	0.000	90.432	0.00	24.35	24.35
	Aplastamiento	12.236	87.443	13.99	Punzonamiento	0.000	73.736	0.00		
2	Sección transversal	11.551	50.240	22.99	Vástago	0.000	90.432	0.00	22.99	22.99
	Aplastamiento	11.551	87.465	13.21	Punzonamiento	0.000	73.736	0.00		

N7, N9, N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37, N39

Fecha:02/05/22

d) Medición

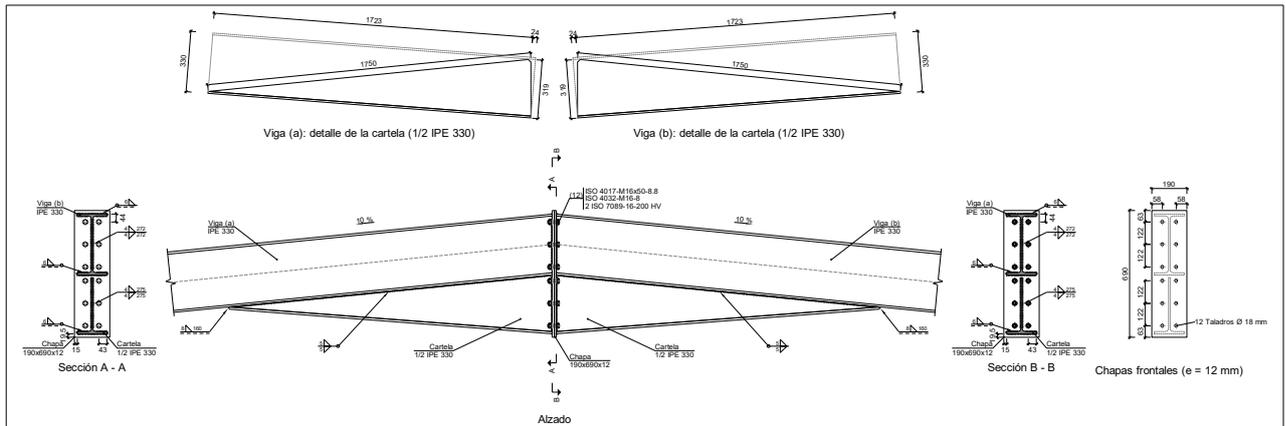
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	2361
			5	3940
			6	2268
			8	160

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x105x12	7.44
	Chapas	2	90x110x8	1.24
		1	190x740x14	15.45
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	10	ISO 4014-M16x65
		4	ISO 4017-M16x40
Tuercas	Clase 8	14	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	28	ISO 7089-16

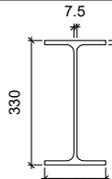
Producido por una versión educativa de CYPE

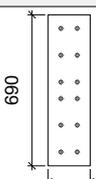
a) Detalle

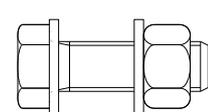


b) Descripción de los componentes de la unión

Producido por una versión educativa de CYPE

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

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		190	690	12	12	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 (a) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	94.48	167.89	56.28
Ala	Aplastamiento	kN	234.18	484.31	48.35
	Tracción	kN	24.98	241.66	10.33
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	30.05	268.58	11.19
	Tracción	kN	72.13	195.68	36.86

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	84.29	
Soldadura del alma	En ángulo	4	272	7.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	11.5	84.29	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	290	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	160	11.5	85.61	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	5	1750	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	8	160	11.5	79.90	

*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)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	66.8	73.8	0.5	144.2	37.37	70.1	21.37	410.0	0.85
Soldadura del alma	63.3	63.3	0.3	126.7	32.82	63.3	19.31	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	20.7	22.8	0.2	44.7	11.57	23.1	7.03	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	70.3	70.3	0.3	140.6	36.44	70.3	21.44	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	60.2	65.0	0.1	127.7	33.08	61.4	18.70	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	1.8	3.1	0.81	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

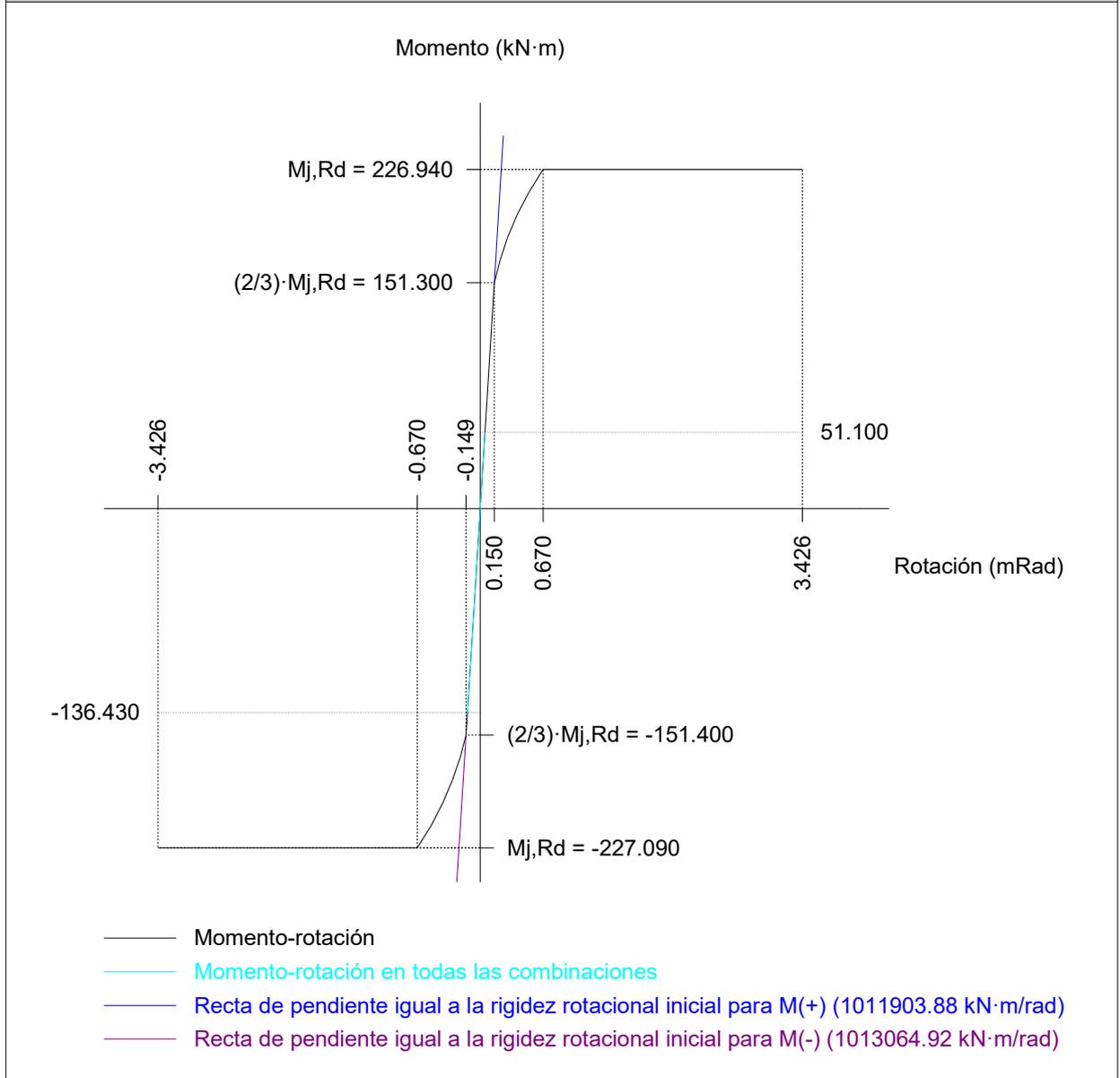
Producido por una versión educativa de CYPE

N25, N40, N35, N30, N20, N15, N10

Fecha:02/05/22

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	37883.67	1011903.88
Calculada para momentos negativos	37883.67	1013064.92

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	72.79
Momento resistente	kNm	136.43	227.09	60.08
Capacidad de rotación	mRad	39.307	667	5.90

Producido por una versión educativa de CYPE

N25, N40, N35, N30, N20, N15, N10

Fecha:02/05/22

2) Viga (b) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	94.48	167.89	56.28
Ala	Compresión	kN	234.18	484.31	48.35
	Tracción	kN	24.98	241.66	10.33
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	30.75	268.58	11.45
	Tracción	kN	72.13	195.68	36.86

Cordones de soldadura

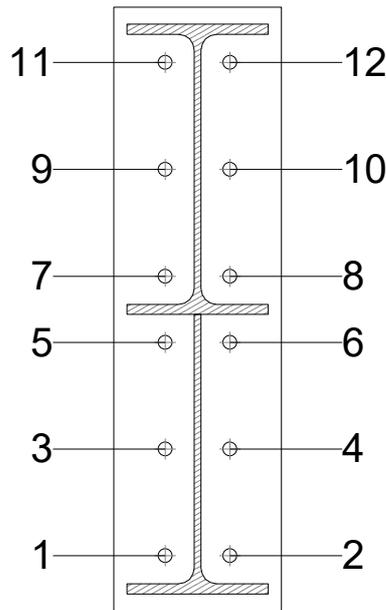
Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	160	11.5	84.29	
Soldadura del alma	En ángulo	4	272	7.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	11.5	84.29	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	290	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	160	11.5	85.61	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	5	1750	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	8	160	11.5	79.90	

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)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	66.8	73.8	0.5	144.2	37.37	70.1	21.37	410.0	0.85
Soldadura del alma	63.3	63.3	0.3	126.7	32.82	63.3	19.31	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	20.7	22.8	0.2	44.7	11.57	23.1	7.03	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	70.3	70.3	0.3	140.6	36.44	70.3	21.44	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	60.2	65.0	0.1	127.7	33.08	61.4	18.70	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	2.1	3.6	0.93	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

Producido por una versión educativa de CYPE

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	--	58	122	74	32.2
2	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	122	74	32.2
3	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	122	74	33.0
4	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	122	74	33.0
5	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	76	74	32.2
6	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	76	74	32.2
7	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	76	74	32.0
8	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	76	74	32.0
9	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	122	74	33.0
10	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	122	74	33.0
11	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	122	74	32.2
12	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	122	74	32.2

--: La comprobación no procede.

N25, N40, N35, N30, N20, N15, N10

Fecha:02/05/22

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	5.580	50.240	11.11	Vástago	50.766	90.432	56.14	40.10	56.14
	Aplastamiento	5.580	157.440	3.54	Punzonamiento	50.766	188.262	26.97		
2	Sección transversal	5.580	50.240	11.11	Vástago	50.891	90.432	56.28	40.20	56.28
	Aplastamiento	5.580	157.440	3.54	Punzonamiento	50.891	188.262	27.03		
3	Sección transversal	1.051	50.240	2.09	Vástago	47.818	90.432	52.88	37.77	52.88
	Aplastamiento	1.051	157.440	0.67	Punzonamiento	47.818	188.262	25.40		
4	Sección transversal	1.002	50.240	2.00	Vástago	47.973	90.432	53.05	37.89	53.05
	Aplastamiento	1.002	157.440	0.64	Punzonamiento	47.973	188.262	25.48		
5	Sección transversal	1.424	50.240	2.83	Vástago	30.147	90.432	33.34	23.81	33.34
	Aplastamiento	1.424	157.440	0.90	Punzonamiento	30.147	188.262	16.01		
6	Sección transversal	1.389	50.240	2.77	Vástago	30.288	90.432	33.49	23.92	33.49
	Aplastamiento	1.389	157.440	0.88	Punzonamiento	30.288	188.262	16.09		
7	Sección transversal	1.840	50.240	3.66	Vástago	19.190	90.432	21.22	15.94	21.22
	Aplastamiento	1.840	157.440	1.17	Punzonamiento	19.190	188.262	10.19		
8	Sección transversal	1.819	50.240	3.62	Vástago	19.315	90.432	21.36	15.94	21.36
	Aplastamiento	1.819	157.440	1.16	Punzonamiento	19.315	188.262	10.26		
9	Sección transversal	2.644	50.240	5.26	Vástago	24.319	90.432	26.89	24.15	26.89
	Aplastamiento	2.644	157.440	1.68	Punzonamiento	24.319	188.262	12.92		
10	Sección transversal	2.613	50.240	5.20	Vástago	24.292	90.432	26.86	24.19	26.86
	Aplastamiento	2.613	157.440	1.66	Punzonamiento	24.292	188.262	12.90		
11	Sección transversal	5.777	50.240	11.50	Vástago	25.488	90.432	28.18	26.60	28.18
	Aplastamiento	5.777	157.440	3.67	Punzonamiento	25.488	188.262	13.54		
12	Sección transversal	5.777	50.240	11.50	Vástago	25.466	90.432	28.16	26.64	28.16
	Aplastamiento	5.777	157.440	3.67	Punzonamiento	25.466	188.262	13.53		

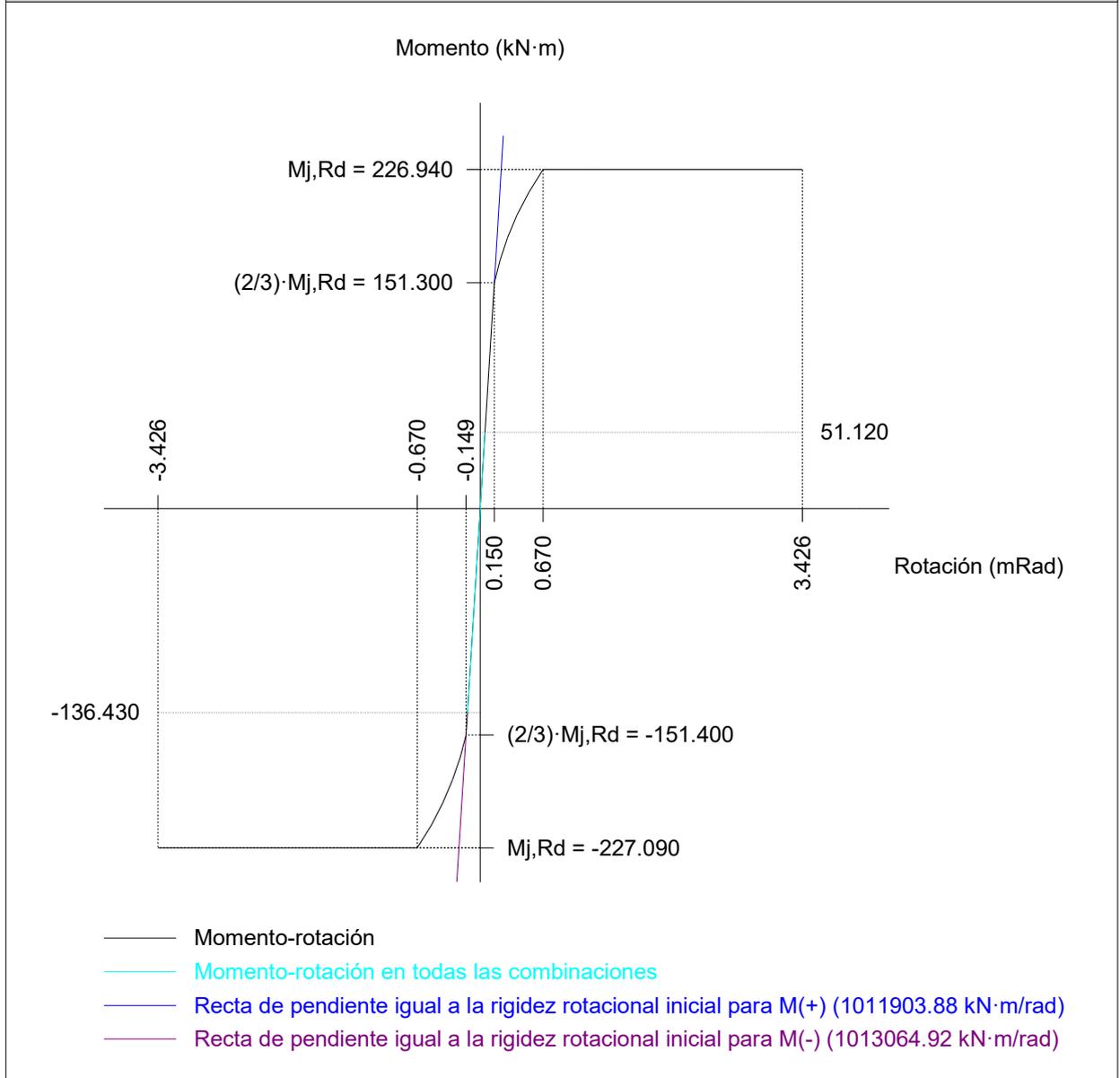
Producido por una versión educativa de CYPE

N25, N40, N35, N30, N20, N15, N10

Fecha:02/05/22

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	37883.67	1011903.88
Calculada para momentos negativos	37883.67	1013064.92

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	72.79
Momento resistente	kNm	136.43	227.09	60.08
Capacidad de rotación	mRad	39.307	667	5.90

Producido por una versión educativa de CYPE

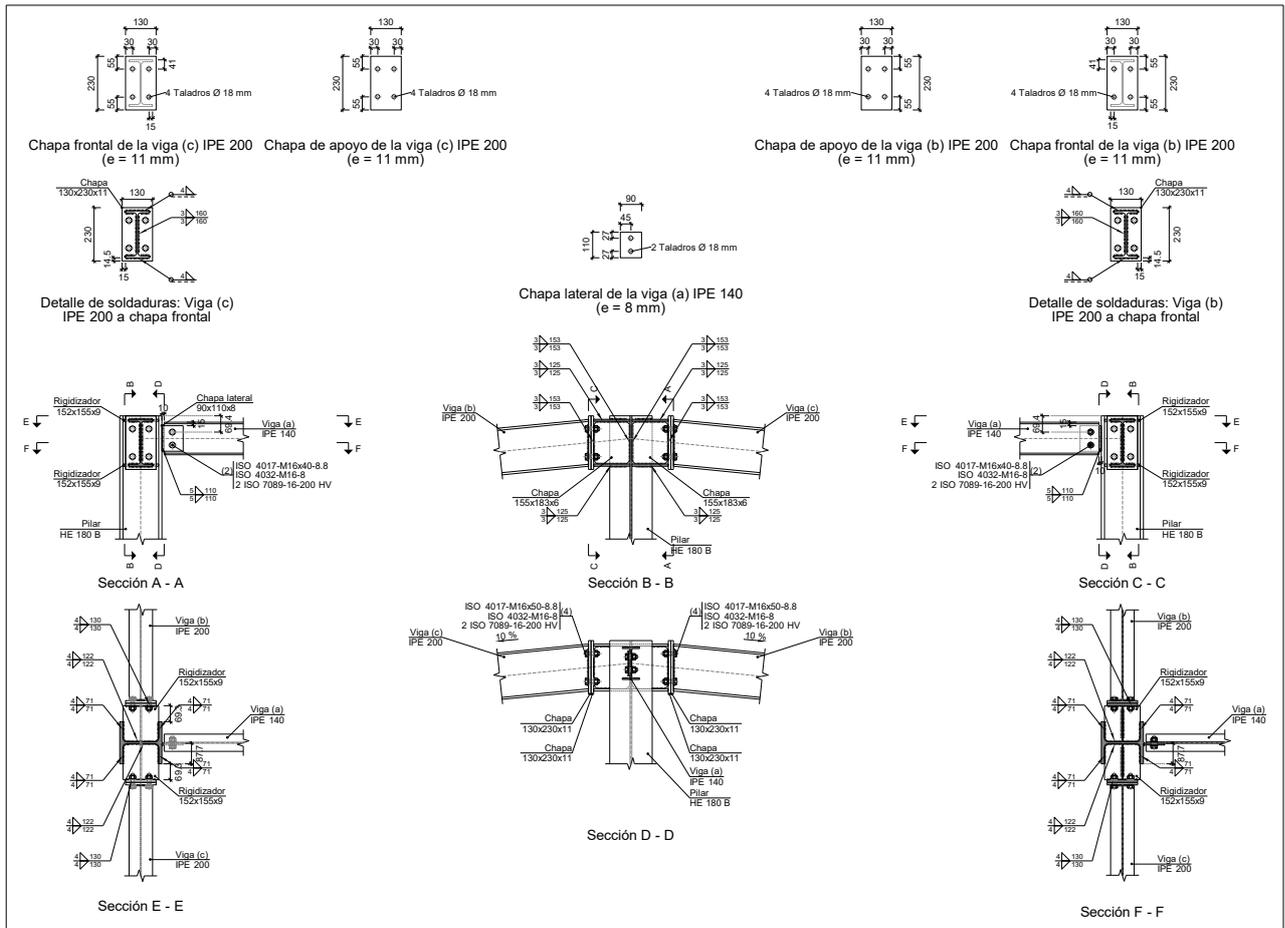
d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	2189
			5	6940
			6	1751
			8	320

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	190x690x12	24.70
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4017-M16x50
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-16

a) Detalle



Producido por una versión educativa de CYPE

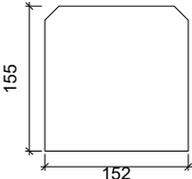
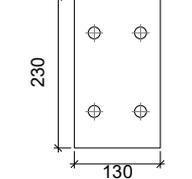
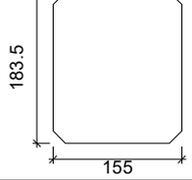
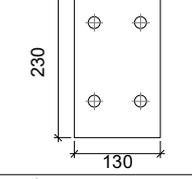
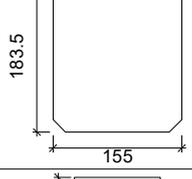
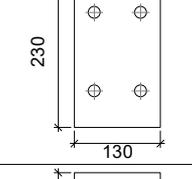
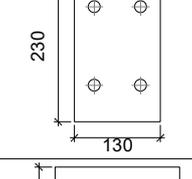
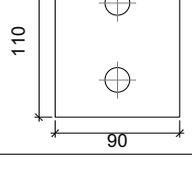
b) Descripción de los componentes de la unión

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	IPE 200		200	100	8.5	5.6	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	275.0	410.0

N5, N45

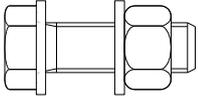
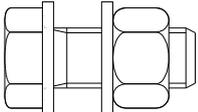
Fecha:06/06/22

Producido por una versión educativa de CYPE

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	155	9	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 200		130	230	11	4	18	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 200		155	183.5	6	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 200		130	230	11	4	18	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 200		155	183.5	6	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (c) IPE 200		130	230	11	4	18	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (b) IPE 200		130	230	11	4	18	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (a) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	275.0	410.0

N5, N45

Fecha:06/06/22

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
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 180 B

Producido por una versión educativa de CYPE

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltéz	--	--	--	27.63	
	Cortante	kN	30.06	233.04	12.90	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	85.37	261.90	32.60	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	41.78	261.90	15.95	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	92.97	261.90	35.50	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	42.12	261.90	16.08	
Chapa frontal [Viga (c) IPE 200]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga (c) IPE 200]	Cortante	kN	60.02	113.41	52.92	
Chapa frontal [Viga (b) IPE 200]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga (b) IPE 200]	Cortante	kN	64.78	113.41	57.12	
Ala	Desgarro	N/mm ²	39.89	261.90	15.23	
	Cortante	N/mm ²	35.24	261.90	13.45	
Viga (c) IPE 200	Rigidizadores	Tracción	kN	14.58	117.86	12.37
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	56.54	137.60	41.09
	Chapa vertical	Tracción	kN	27.37	120.04	22.80
Viga (b) IPE 200	Rigidizadores	Tracción	kN	15.96	117.86	13.55
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	61.88	137.60	44.97
	Chapa vertical	Tracción	kN	29.96	120.04	24.96

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	71	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	122	8.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	4	130	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	71	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	122	8.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	4	130	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	71	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	122	8.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	4	130	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	71	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	122	8.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	4	130	9.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	153	6.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	153	6.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	125	6.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	125	6.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	153	6.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	153	6.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	125	6.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	125	6.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Producido por una versión educativa de CYPE

N5, N45

Fecha:06/06/22

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	55.5	96.0	24.89	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	13.3	23.0	5.96	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	42.8	42.8	11.7	87.9	22.78	42.8	13.04	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	27.1	47.0	12.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	13.3	23.1	5.98	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	15.6	15.6	5.6	32.6	8.45	15.6	4.74	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	60.4	104.6	27.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	13.3	23.0	5.97	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	46.5	46.5	11.9	95.3	24.69	46.5	14.18	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	27.4	47.4	12.28	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	13.4	23.1	6.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	15.8	15.8	0.3	31.5	8.17	15.8	4.80	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	14.1	24.4	6.33	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	14.1	24.4	6.33	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	80.0	138.6	35.92	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	25.7	44.5	11.53	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	14.7	25.5	6.61	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	14.7	25.5	6.61	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	86.4	149.6	38.77	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	29.9	51.8	13.41	0.0	0.00	410.0	0.85

Producido por una versión educativa de CYPE

2) Viga (a) IPE 140

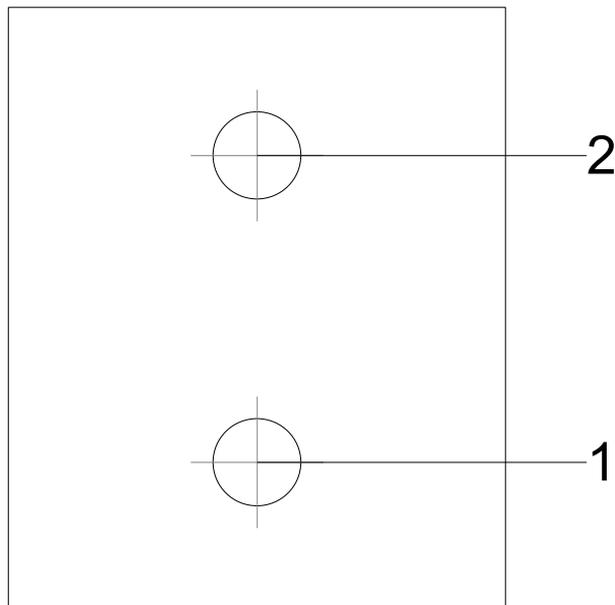
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.24
	Tensiones combinadas	--	--	--	24.14
	Pandeo local	N/mm ²	63.23	228.15	27.71
	Aplastamiento	kN	27.64	87.47	31.61
	Desgarro	kN	54.61	89.52	61.01
Alma	Aplastamiento	kN	27.64	61.66	44.83
	Desgarro	kN	54.61	80.62	67.74

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	110	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
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	35.1	35.1	0.4	70.2	18.20	35.1	10.70	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Producido por una versión educativa de CYPE

N5, N45

Fecha:06/06/22

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	27	35	56	--	27.0
2	ISO 4017-M16x40-8.8	18.0	27	35	56	--	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	26.971	50.240	53.68	Vástago	0.000	90.432	0.00	53.68	53.68
	Aplastamiento	26.971	87.462	30.84	Punzonamiento	0.000	73.736	0.00		
2	Sección transversal	27.644	50.240	55.02	Vástago	0.000	90.432	0.00	55.02	55.02
	Aplastamiento	27.644	87.466	31.61	Punzonamiento	0.000	73.736	0.00		

3) Viga (c) IPE 200

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	56.54	137.01	41.26
Ala	Compresión	kN	27.84	223.73	12.44
	Tracción	kN	14.56	111.31	13.08
Alma	Tracción	kN	27.41	113.83	24.08

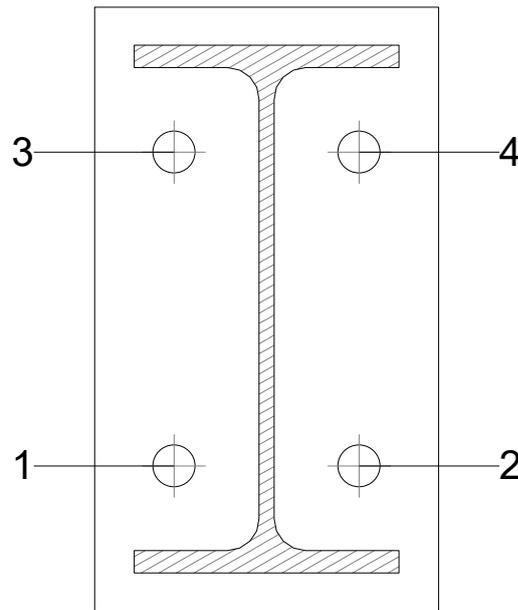
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	100	8.5	84.29	
Soldadura del alma	En ángulo	3	160	5.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	100	8.5	84.29	

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 _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	89.3	80.8	13.7	167.8	43.47	89.3	27.23	410.0	0.85
Soldadura del alma	52.7	52.7	13.6	108.0	27.98	52.7	16.06	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	25.8	28.5	0.4	55.8	14.46	25.8	7.88	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

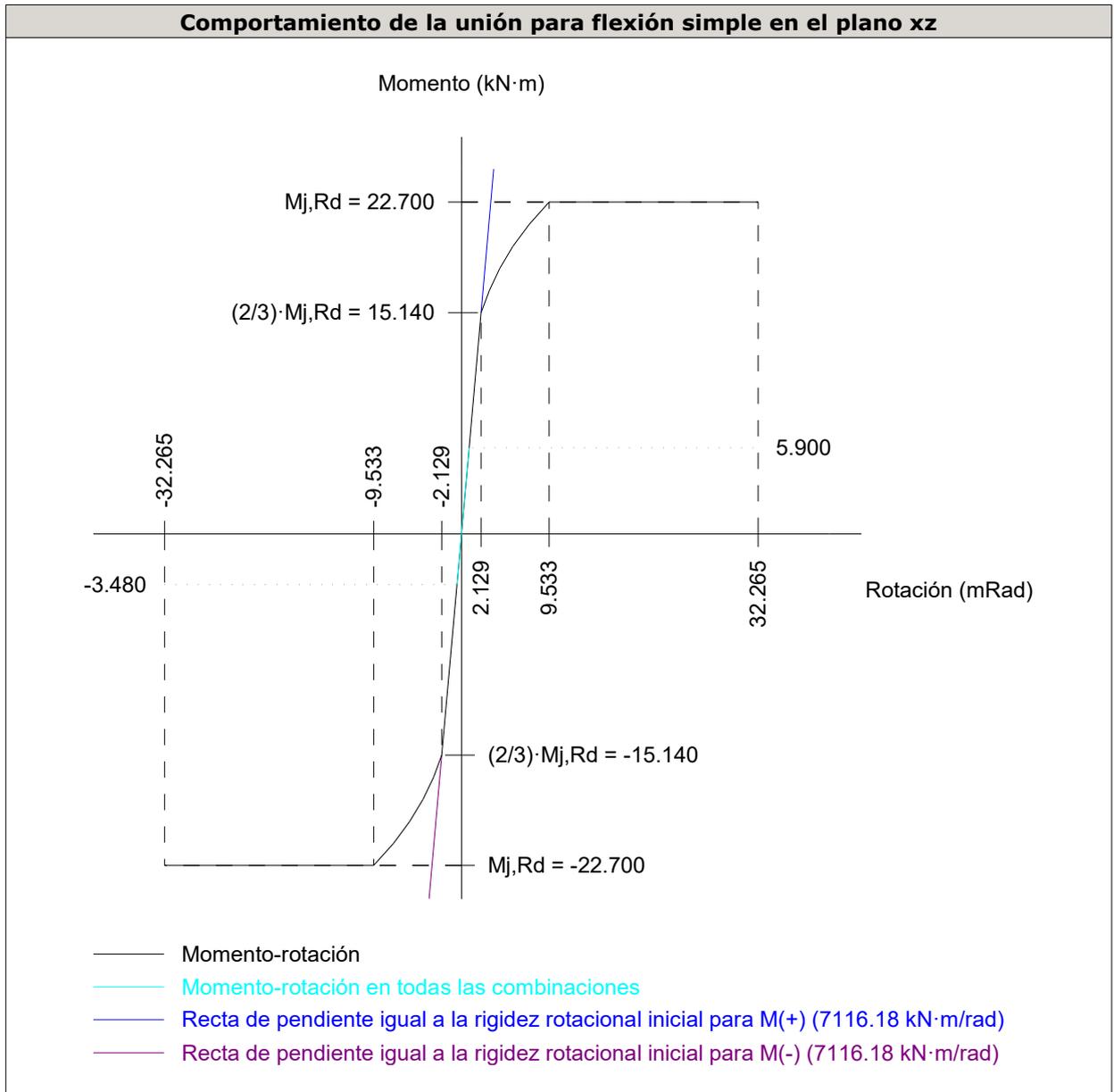


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	30	120	70	30.0
2	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	30	120	70	30.0
3	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	30	120	70	30.0
4	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	30	120	70	30.0

--: 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. (%)		
1	Sección transversal	7.211	50.240	14.35	Vástago	10.605	90.432	11.73	20.46	20.46
	Aplastamiento	7.211	85.865	8.40	Punzonamiento	10.605	172.573	6.14		
2	Sección transversal	7.202	50.240	14.34	Vástago	11.927	90.432	13.19	20.15	20.15
	Aplastamiento	7.202	144.320	4.99	Punzonamiento	11.927	172.573	6.91		
3	Sección transversal	7.179	50.240	14.29	Vástago	36.967	90.432	40.88	42.34	42.34
	Aplastamiento	7.179	85.922	8.35	Punzonamiento	36.967	172.573	21.42		
4	Sección transversal	7.170	50.240	14.27	Vástago	37.316	90.432	41.26	42.05	42.05
	Aplastamiento	7.170	144.320	4.97	Punzonamiento	37.316	172.573	21.62		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1632.00	7116.18
Calculada para momentos negativos	1632.00	7116.18



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.01	1.80	56.33
Momento resistente	kNm	5.90	22.70	25.98
Capacidad de rotación	mRad	25.685	667	3.85

Producido por una versión educativa de CYPE

4) Viga (b) IPE 200

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	61.88	137.01	45.17
Ala	Compresión	kN	28.22	223.73	12.61
	Tracción	kN	15.94	111.31	14.32
Alma	Tracción	kN	30.01	113.83	26.36

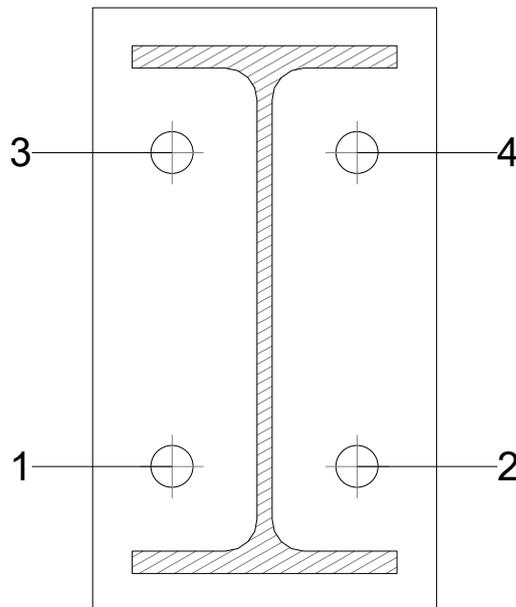
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	100	8.5	84.29
Soldadura del alma	En ángulo	3	160	5.6	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	100	8.5	84.29

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)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.8	88.5	13.9	183.4	47.52	97.8	29.80	410.0	0.85
Soldadura del alma	57.7	57.7	14.1	117.9	30.56	57.7	17.58	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	31.2	34.5	0.4	67.5	17.48	31.2	9.52	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



N5, N45

Fecha:06/06/22

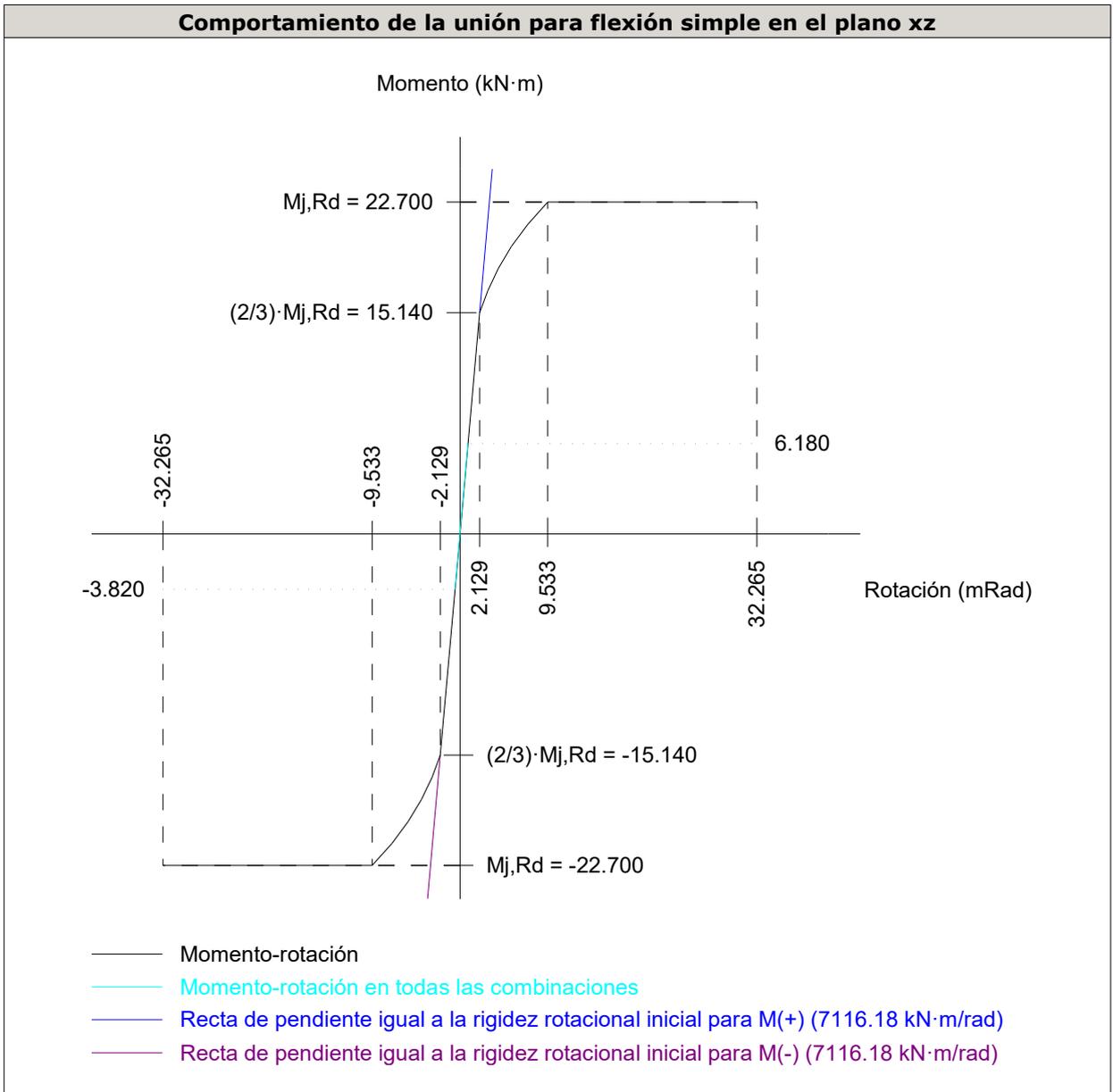
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	30	120	70	30.0
2	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	30	120	70	30.0
3	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	30	120	70	30.0
4	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	30	120	70	30.0

--: 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	7.217	50.240	14.37	Vástago	14.424	90.432	15.95	20.26	20.26
	Aplastamiento	7.217	144.320	5.00	Punzonamiento	14.424	172.573	8.36		
2	Sección transversal	7.226	50.240	14.38	Vástago	13.140	90.432	14.53	20.57	20.57
	Aplastamiento	7.226	85.876	8.41	Punzonamiento	13.140	172.573	7.61		
3	Sección transversal	7.185	50.240	14.30	Vástago	40.847	90.432	45.17	43.93	45.17
	Aplastamiento	7.185	144.320	4.98	Punzonamiento	40.847	172.573	23.67		
4	Sección transversal	7.194	50.240	14.32	Vástago	39.897	90.432	44.12	43.16	44.12
	Aplastamiento	7.194	85.932	8.37	Punzonamiento	39.897	172.573	23.12		

Producido por una versión educativa de CYPE

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1632.00	7116.18
Calculada para momentos negativos	1632.00	7116.18



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.01	1.80	56.33
Momento resistente	kNm	6.18	22.70	27.21
Capacidad de rotación	mRad	26.902	667	4.04

Producido por una versión educativa de CYPE

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	2867
			4	3898
			5	220

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	152x155x9	6.66
	Chapas	2	155x183x6	2.68
		1	90x110x8	0.62
		4	130x230x11	10.33
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M16x40
		8	ISO 4017-M16x50
Tuercas	Clase 8	10	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	20	ISO 7089-16

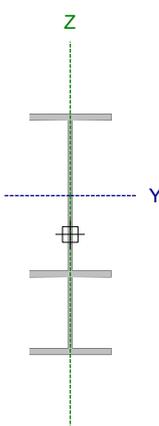
Producido por una versión educativa de CYPE

Anejo II.7: Cálculo estructural vigas de forjado

Perfil: IPE 200, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 0.20 m. Cartela final inferior: 0.20 m.)
Material: Acero (S275)

Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾						
		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	Y _g ⁽⁴⁾ (mm)	Z _g ⁽⁴⁾ (mm)	
Inicial	Final							
N61	N64	5.000	41.85	4781.96	212.96	9.47	0.00	47.54

Notas:
⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N61)
⁽²⁾ Inercia respecto al eje indicado
⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme
⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad



	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L _K	0.000	5.000	0.000	0.000
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000
C ₁	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C₁: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio
Resistencia requerida: R 90
Factor de forma: 289.37 m-1
Temperatura máx. de la barra: 526.5 °C
Mortero de vermiculita-perlita con cemento (alta densidad): 30 mm

Producido por la división educativa de CYPE

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	λ̄	λ _{sw}	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 V _z V _y	M _t	M _y V _z	M _z V _y	
N61/N64	x: 0.309 m λ̄ < 2.0 Cumple	x: 0.11 m λ _{sw} ≤ λ _{sw,máx} Cumple	x: 0.311 m η = 13.5	x: 4.701 m η = 11.2	x: 0.309 m η = 78.3	x: 4.699 m η = 0.8	x: 0.309 m η = 37.5	x: 0.309 m η < 0.1	x: 0.309 m η < 0.1	x: 0.309 m η < 0.1	x: 0.309 m η = 87.1	η < 0.1	x: 4.701 m η = 2.1	x: 0.309 m η = 37.5	x: 0.309 m η < 0.1	CUMPLE η = 87.1
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado
N61/N64	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 V _y	M _t	M _y V _z	M _z V _y	M _y V _y	CUMPLE η = 63.4	
N61/N64	x: 0.311 m η = 7.3	x: 4.701 m η = 1.7	x: 0.309 m η = 59.7	x: 4.699 m η = 0.4	x: 0.309 m η = 27.3	x: 0.309 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.311 m η = 63.4	η < 0.1	x: 4.701 m η = 0.8	x: 0.26 m η = 26.0	x: 0.309 m η < 0.1			

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 Y
V_z: Resistencia a corte Z
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_zV_y: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_yV_y: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_zV_z: 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 $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.70} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{\infty}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Donde:

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

$$\mathbf{I}_y : \underline{1943.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I}_z : \underline{142.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{6.92} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{13000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{8.55} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{i}_y : \underline{8.26} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{2.23} \text{ cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$65.49 \leq 356.09 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{366.72} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{20.54} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{8.50} \text{ cm}^2$$

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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.135} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.311 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·N(EI).

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

$$N_{t,Ed} : \underline{100.59} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.095} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.701 m del nudo N61, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.05·Q(B)+1.5·V(0°)H1.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{71.22} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{633.64} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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.

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

$$\chi_y : \underline{0.85}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.80}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.70}$$

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

$$N_{cr} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.783} \quad \checkmark$$

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 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones $1.35\cdot PP + 1.35\cdot CM1 + 1.5\cdot Q(B) + 0.9\cdot V(180^\circ)H2 + 0.75\cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{45.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.699 m del nudo N61, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.699 m del nudo N61, para la combinación de acciones $PP + CM1 - SX - 0.3 \cdot SY$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{11.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.375} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.05·Q(B)+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{79.49} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{8.50} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

$$28.39 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(0°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{183.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$85.40 \text{ kN} \leq 162.46 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CM1+1.05·Q(B)+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{85.40} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{324.93} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.03 \text{ kN} \leq 202.26 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(0°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{404.52} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.871} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.695} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.05·Q(B)+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{73.21} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{44.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{11.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{-40.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{181.81} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Producido por una versión educativa de CYPE

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+1.35·CM1+1.05·Q(B)+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$85.40 \text{ kN} \leq 162.42 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{85.40} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{324.83} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.701 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1-SX-0.3·SY.

$M_{T,Ed}$: 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:

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

$$M_{T,Rd} : \underline{1.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.375} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.05·Q(B)+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{79.49} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{211.86} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.14} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V(0°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{275.29} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.96} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.073} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.311 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.2·N(EI).

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

$$N_{t,Ed} : \underline{39.97} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{547.45} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.701 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(0°)H1.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{6.09} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{547.45} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

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

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

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{358.48} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\chi_y : \underline{0.65}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.98}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.81}$$

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

$$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.16}$$

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

$$N_{cr} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1610.84} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.597} \quad \checkmark$$

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 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(180°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{25.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{42.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

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

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

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:

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

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.699 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)H2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.699 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{8.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.273} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.2·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{42.45} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{155.44} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{8.50} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

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

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

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:

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

$$28.39 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{202.42} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{183.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$45.72 \text{ kN} \leq 119.16 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.2·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{45.72} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{238.31} \text{ kN}$$

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 es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.01 \text{ kN} \leq 148.34 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{296.69} \text{ kN}$$

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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.634} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.533} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.311 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(180°)H2.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{30.84} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{24.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{547.45} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{42.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{8.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-22.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{102.32} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{42.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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+CM1+0.3·Q(B)+0.2·N(EI).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$45.72 \text{ kN} \leq 119.16 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{45.72}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{238.31}{\quad} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.701 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.260} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.260 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(180°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{41.02} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{157.88} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{157.92} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.06} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{10.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.309 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{202.18} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{202.42} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.32} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{192.09} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.70}$$

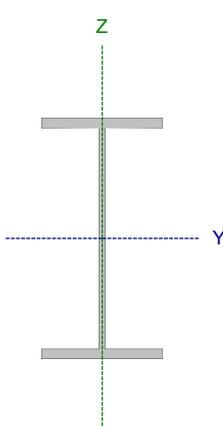
$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

Anejo II.8: Cálculo estructural pilares de forjado

Barra N65/N66

Perfil: IPE 200
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)
	N65	N66	3.000	28.50	1943.00	142.00	6.92
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo			Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	0.70	0.00	0.00		
	L _k	2.100	2.100	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-			1.000		
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 90 Factor de forma: 289.49 m-1 Temperatura máx. de la barra: 614.5 °C Mortero de vermiculita-perlita con cemento (alta densidad): 25 mm							

Producido por una versión educativa de CYPE

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N65/N66	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 30.2$	x: 0 m $\eta = 14.7$	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 1.617 m $\eta = 2.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 47.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 1.617 m $\eta = 2.8$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 47.0$

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 _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N65/N66	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 60.1$	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 6.6$	$\eta = 1.6$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 73.3$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPLE $\eta = 73.3$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽³⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t: Resistencia a torsión
 M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.08} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{667.37} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{9131.73} \text{ kN}$$

$$\mathbf{N}_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{667.37} \text{ kN}$$

$$\mathbf{N}_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$\mathbf{N}_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \underline{1943.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \underline{142.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{6.92} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{13000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{2.100} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{2.100} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{8.55} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i}_y : \underline{8.26} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{2.23} \text{ cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$32.68 \leq 251.55 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{183.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{10.25} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{8.50} \text{ cm}^2$$

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:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.165} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.302} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q(B)+0.9·V(180°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{122.89} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{406.83} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

f_{yd} = f_y/γ_{M1}

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.98

χ_z : 0.55

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

φ_y : 0.55

φ_z : 1.24

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

α_z : 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄_y : 0.29

λ̄_z : 1.08

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 667.37 kN

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 9131.73 kN

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 667.37 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.147} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.3·SX+SY.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{8.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{8.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.090} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{11.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.617 m del nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.84} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{8.50} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$28.39 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.35} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{183.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$5.84 \text{ kN} \leq 105.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.84} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.35 \text{ kN} \leq 137.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.35} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.356} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.346} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.470} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en el nudo N65, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo p^{ésimo}.

$$N_{c,Ed} : \underline{111.62} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo p^{ésimos}, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{6.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{1.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{11.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.38}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.98}$$

$$\chi_z : \underline{0.55}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.29}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.08}$$

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 PP+CM1+0.3·Q(B)+0.3·SX+SY.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$5.84 \text{ kN} \leq 105.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{5.84}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{211.93}{\quad} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-SX-0.3·SY.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.617 m del nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.84} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{211.93} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{275.98} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_t : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_t : \underline{8.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.222} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.601} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·Q(B).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{75.75} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{341.53} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{126.03} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

$$\chi_z : \underline{0.37}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.61}$$

$$\phi_z : \underline{1.69}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,0} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.36}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.35}$$

$k_{\lambda,0}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,0} : \underline{1.24}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{667.37} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{9131.73} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{667.37} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.085} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(0°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(180°)H2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{26.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{5.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.54} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{96.97} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{8.50} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$28.39 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)H2.

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:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{126.28} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{183.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.54 \text{ kN} \leq 48.49 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.54} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{96.97} \text{ kN}$$

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 es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.12 \text{ kN} \leq 63.14 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.12} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{126.28} \text{ kN}$$

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.358} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.385} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.733} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N65, para la combinación de acciones PP+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(0°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{70.76} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{2.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{341.53} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{26.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{5.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{44.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.04}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.79}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $C_{m,y} : \underline{1.00}$

$C_{m,z} : \underline{1.00}$

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\chi_y : \underline{0.92}$

$\chi_z : \underline{0.37}$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y : \underline{0.36}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{1.35}$

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+CM1+0.3·Q(B)+0.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.54 \text{ kN} \leq 48.49 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.54} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{96.97} \text{ kN}$$

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.

por una versión educativa de
 Producción

Anejo III: Cálculo de resistencia a fuego

Anejo III: Cálculo de resistencia al fuego

1	Introducción	3
2	Clasificación del tipo de edificio	3
3	Determinación del nivel de riesgo intrínseco.....	3
3.1	Cálculo de la masa de combustible (Gi)	4
3.2	Obtención del poder calorífico (qi)	4
3.3	Obtención del coeficiente adimensional de peligrosidad (Ci)	5
3.4	Obtención del coeficiente adimensional corrector del grado de peligrosidad (Ra)	5
3.5	Obtención del área de incendio (A)	6
3.6	Obtención de la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida (Qs).....	6
4	Solución de ejecución.....	7
4.1	Propiedades del mortero	7
4.2	Espesores mínimos a aplicar	7

Índice de figuras

<i>Figura 1: Poder calorífico de diversas sustancias. ORIGEN: RSCIEI</i>	4
<i>Figura 2: Grado de peligrosidad. ORIGEN: RSCIEI</i>	5
<i>Figura 3: Tabla 1.2 ORIGEN: RSCIEI</i>	6
<i>Figura 4: Tabla 1.3 ORIGEN: RSCIEI</i>	6
<i>Figura 5: Tabla 2.2 ORIGEN: RSCIEI</i>	7

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Propiedades mortero intumescente</i>	7
<i>Tabla 2: Espesores mínimos de mortero intumescente</i>	7

Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1: Fórmula cálculo Q_s ORIGEN: RSCIEI</i>	3
--	---

1 Introducción

Para la determinación de la resistencia al fuego que deben de cumplir los elementos portantes del edificio se tendrá en cuenta lo dispuesto en el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

2 Clasificación del tipo de edificio

Según el ANEXO I "Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios" del Real Decreto anteriormente citado, el establecimiento industrial objeto del proyecto tendrá la consideración del Tipo: C atendiendo a la descripción dispuesta en la normativa conforme se indica a continuación: *"TIPO C: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio."* (Real Decreto 2267/2004, 3 de diciembre del 2004).

3 Determinación del nivel de riesgo intrínseco

La determinación del nivel de riesgo intrínseco junto con la clasificación de la tipología del edificio permitirá determinar la estabilidad al fuego de los elementos portantes. Para ello será necesaria la obtención de la Q_s siendo esta la carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio en MJ/m^2 o Mcal/m^2 siguiendo la siguiente fórmula:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a \quad (\text{MJ} / \text{m}^2) \text{ o } (\text{Mcal} / \text{m}^2)$$

Ecuación 1: Fórmula cálculo Q_s ORIGEN: RSCIEI

Siendo según el (Real Decreto 2267/2004, 3 de diciembre del 2004):

- *" Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m^2 o Mcal/m^2 ."*
- *" G_i = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles)."*
- *" q_i = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg , de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio."*
- *" C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio."*
- *" R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc."*

"Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio."

- *" A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 ."*

Anejo III: Cálculo de resistencia a fuego

“Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , de cada combustible pueden deducirse de la tabla 1.1, del Catálogo CEA de productos y mercancías, o de tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse. “

“Los valores del coeficiente de peligrosidad por activación, R_a , pueden deducirse de la tabla 1.2.” “Los valores del poder calorífico q_i , de cada combustible, pueden deducirse de la tabla 1.4.”

3.1 Cálculo de la masa de combustible (G_i)

Como se ha indicado en el texto citado anteriormente, el parámetro G_i se corresponde con la masa de combustible en (Kg) que existe en el área de incendio, por lo que el cálculo de la misma se deberá de hacer con la ecuación de los gases ideales $PV = nRT$. Sin embargo, dado que se conoce de antemano la capacidad de cada unidad de almacenamiento proyectada en la planta industrial, no será necesario el cálculo mediante la ecuación anterior y se hará un cálculo directo. La masa de hidrógeno que puede llegar a almacenar cada unidad de almacenamiento es de 341,60 kg.

Por lo que:

$$G_i = m(\text{unidad}) * n^{\text{o}} \text{ unidades}$$

Resolviendo:

$$G_i = 341,60 \cdot 6; G_i = 2.049,6 \text{ kg}$$

Siendo:

- $m(\text{unidad})$: masa de cada una de las unidades de almacenamiento.
- $n^{\text{o}} \text{ unidades}$: número de unidades de almacenamiento dispuestas en el proyecto.

3.2 Obtención del poder calorífico (q_i)

El poder calorífico según lo dispuesto en el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, se puede obtener de la Tabla 1.4 del mismo documento. En dicha tabla se localiza el combustible almacenado en la planta industrial: Hidrogeno, y se localiza el poder calorífico por cada Kg de combustible siendo el poder calorífico del Hidrógeno de: $q_i = 142$ (MJ/kg) según lo dispuesto en la tabla que se muestra a continuación:

TABLA 1.4

Poder calorífico (q) de diversas sustancias

Producto	MJ/kg	Mcal/kg	Producto	MJ/kg	Mcal/kg	Producto	MJ/kg	Mcal/kg
Aceite de algodón	37,2	9	Carbón	31,4	7,5	Leche en polvo	16,7	4
Aceite de creosota	37,2	9	Carbono	33,5	8	Lino	16,7	4
Aceite de lino	37,2	9	Cartón	16,7	4	Linoleum	2,1	0,5
Aceite mineral	42	10	Cartón asfáltico	21	5	Madera	16,7	4
Aceite de oliva	42	10	Celuloide	16,7	4	Magnesio	25,1	6
Aceite de parafina	42	10	Celulosa	16,7	4	Malta	16,7	4
Acetaldehído	25,1	6	Cereales	16,7	4	Manlequita	37,2	9
Acetamida	21	5	Chocolate	25,1	6	Metano	50,2	12
Acetato de amilo	33,5	8	Cicloheptano	46	11	Monóxido de carbono	8,4	2
Acetato de polivinilo	21	5	Ciclohexano	46	11	Nitrato de acetona	29,3	7
Acetona	29,3	7	Ciclopentano	46	11	Nitrocelulosa	8,4	2
Acetileno	50,2	12	Ciclopropano	50,2	12	Octano	46	11
Acetileno disuelto	16,7	4	Cloruro de polivinilo	21	5	Papel	16,7	4
Acido acético	16,7	4	Coía celulósica	37,2	9	Parafina	46	11
Acido benzoico	25,1	6	Coque de hulla	29,3	7	Pentano	50,2	12
Acroleína	29,3	7	Cuero	21	5	Petróleo	42	10
Aguarrás	42	10	Dietilamina	42	10	Poliámidas	29,3	7
Albumina vegetal	25,1	6	Dietilcetona	33,5	8	Policarbonato	29,3	7
Alcanfor	37,2	9	Dietiléter	37,2	9	Poliéster	25,1	6
Alcohol alílico	33,5	8	Difenil	42	10	Poliestireno	42	10
Alcohol amílico	42	10	Dinamita (75 %)	4,2	1	Poliétileno	42	10
Alcohol butílico	33,5	8	Dipenteno	46	11	Polisobutieno	46	11
Alcohol cetílico	42	10	Ebonita	33,5	8	Politetrafluoretieno	4,2	1
Alcohol etílico	25,1	6	Etano	50,2	12	Poliuretano	25,1	6
Alcohol metílico	21	5	Eter amílico	42	10	Propano	46	11
Almidón	16,7	4	Eter etílico	33,5	8	Rayón	16,7	4
Anhidrido acético	16,7	4	Fibra de ocoo	25,1	6	Resina de pino	42	10
Anilina	37,2	9	Fenol	33,5	8	Resina de fenol	25,1	6
Antraceno	42	10	Fósforo	25,1	6	Resina de urea	21	5
Antracita	33,5	8	Furano	25,1	6	Seda	21	5
Azúcar	16,7	4	Gasóleo	42	10	Sisal	16,7	4
Azufre	8,4	2	Glicerina	16,7	4	Sodio	4,2	1
Benzaldehído	33,5	8	Grasas	42	10	Sulfuro de carbono	12,5	3
Bencina	42	10	Gutapercha	46	11	Tabaco	16,7	4
Bencol	42	10	Harina de trigo	16,7	4	Té	16,7	4
Benzofena	33,5	8	Heptano	46	11	Tetralina	46	11
Butano	46	11	Hexametileno	46	11	Toluol	42	10
Cacao en polvo	16,7	4	Hexano	46	11	Triacetato	16,7	4
Café	16,7	4	Hidrógeno	142	34	Turba	33,5	8
Cafeína	21	5	Hidruro de magnesio	16,7	4	Urea	8,4	2

Figura 1: Poder calorífico de diversas sustancias. ORIGEN: RSCIEI

3.3 Obtención del coeficiente adimensional de peligrosidad (C_i)

El coeficiente adimensional de peligrosidad se obtiene de la Tabla 1.1 según lo dispuesto en el Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre siendo la tabla anteriormente mencionada la siguiente:

TABLA 1.1

Grado de peligrosidad de los combustibles

Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i

ALTA	MEDIA	BAJA
- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1	- Líquidos clasificados como subclase B ₂ en la ITC MIE-APQ1.	- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.
- Líquidos clasificados como subclase B ₁ en la ITC MIE-APQ1.	- Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.	
- Sólidos capaces de iniciar su combustión a un temperatura inferior a 100 °C.	- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.	- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
- Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.	- Sólidos que emiten gases inflamables.	
- Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.		
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Figura 2: Grado de peligrosidad. ORIGEN: RSCIEI

Dicha tabla remite a la instrucción técnica complementaria: ITC MIE-APQ1 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos aprobado por el Real Decreto 379/2001, de 6 de abril. La cual agrupa los diferentes combustibles en diversas clases y subclases atendiendo a la peligrosidad de los mismos. El hidrogeno pertenecerá a la clase: A acorde a lo dispuesto en las siguientes afirmaciones dispuestas en el Artículo 4 "Clasificación de productos" de la ITC MIE-APQ1:

"Clase A.- Productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15 °C sea superior a 1 bar. Según la temperatura a que se los almacena puedan ser considerados como:"

"a. Subclase A1.-Productos de la clase A que se "

"b. almacenan licuados a una temperatura inferior a 0 °C."

"c. Subclase A2.-Productos de la clase A que se almacenan licuados en otras condiciones."

Conforme a lo indicado anteriormente al tratarse de un combustible de la clase: A según la: ITC MIE-APQ1 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos aprobado por el Real Decreto 379/2001, de 6 de abril y atendiendo a la ilustración 3 anterior referida al grado de peligrosidad de los productos, se podrá tomar un valor del parámetro $C_i=1,6$.

3.4 Obtención del coeficiente adimensional corrector del grado de peligrosidad (R_a)

Dicho coeficiente adimensional se obtiene a partir de lo dispuesto en la Tabla 1.2 "Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociado, R_a " del Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre. Siendo dicha tabla la mostrada a continuación en la siguiente ilustración:

Heladería	80	1,0			
Herrn, balas de		0	1.000	940	2,0
Herramientas	200	48	1,0		
Hidrógeno			130.800	31.442	2,0
Hilados, cardados	300	72	2,0		
Hilados, empuñado-bobinado	600	144	1,5		
Hilados, hilatura	300	72	1,5		

Figura 3: Tabla 1.2 ORIGEN: RSCIEI

Por lo que parámetro Ra tomará el valor de: Ra=2.

3.5 Obtención del área de incendio (A)

La obtención del área de incendio se hará mediante la medición en el plano de planta de la edificación industrial del área que ocupa la zona de almacenamiento de la nave. Se toma esta consideración ya que al tratarse de la zona más vulnerable y de mayor riesgo se decidirá proyectar toda la edificación cumpliendo la exigencia de resistencia al fuego de los elementos portantes más estricta coincidiendo esta con la zona de almacenamiento dado que se trata de la zona más desfavorable de la planta.

Por lo que le valor que de área es de A= 225 m².

Teniendo todo esto en consideración se pasará al cálculo del parámetro Qs.

3.6 Obtención de la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida (Qs)

A continuación, se calcula el valor del parámetro Qs:

$$Q_s = \frac{G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot Ra \left(\frac{MJ}{m^2} \right) \text{ o } \left(\frac{Mcal}{m^2} \right)$$

Siendo los valores de los parámetros los siguientes:

- Gi= 3074,4 Kg
- qi=142 (MJ/kg)
- Ci=1,6
- A=225 m²
- Ra= 2

Resolviendo:

$$Q_s = \frac{2.049,6 (Kg) \cdot 142 \left(\frac{MJ}{Kg} \right) \cdot 1,6}{225m^2} \cdot 2 ; Q_s = 4139.28 \left(\frac{MJ}{Kg} \right)$$

Siguiendo lo dispuesto en la Tabla 1.3 del Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre, el nivel de riesgo intrínseco del edificio será alto tipo 6 dado que el factor Qs se encuentra dentro del intervalo indicado para la clasificación anteriormente definida cumpliendo lo siguiente:

TABLA 1.3

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	Q _s ≤ 100	Q _s ≤ 425
	2	100 < Q _s ≤ 200	425 < Q _s ≤ 850
	3	200 < Q _s ≤ 300	850 < Q _s ≤ 1.275
MEDIO	4	300 < Q _s ≤ 400	1.275 < Q _s ≤ 1.700
	5	400 < Q _s ≤ 800	1.700 < Q _s ≤ 3.400
	6	800 < Q _s ≤ 1.600	3.400 < Q _s ≤ 6.800
ALTO	7	1.600 < Q _s ≤ 3.200	6.800 < Q _s ≤ 13.600
	8	3.200 < Q _s	13600 < Q _s

Figura 4: Tabla 1.3 ORIGEN: RSCIEI

Por lo que conociendo la tipología de edificio y el nivel de riesgo intrínseco de la edificación podremos obtener la estabilidad mínima requerida de los elementos estructurales portantes según la Tabla 2.2 del Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre. Siendo la estabilidad requerida de: R-90, lo que equivale a 90 minutos de estabilidad estructural sin llegar al colapso. Como se puede observar en la siguiente ilustración:

TABLA 2.2

Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF -120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF-120)	R 120 (EF-120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF -180)	R 120 (EF -120)	R 120 (EF -120)	R 90 (EF - 90)

Figura 5: Tabla 2.2 ORIGEN: RSCIEI

4 Solución de ejecución

4.1 Propiedades del mortero

Para cumplir la resistencia a fuego requerida en la industria, se aplicará un mortero de vermiculita- perlita con cemento de alta densidad, cuyas propiedades son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

Densidad	Conductividad	Calor específico
550 (kg/m ³)	0,120 (W/m K)	1100 (J/Kg K)

Tabla 1: Propiedades mortero intumescente

El mortero se aplicará mediante una máquina mezcladora automática de proyección por vía húmeda accionado por una bomba helicoidal.

El mortero una vez ha sido proyectado, tendrá un aspecto de color blanco marfil y tacto rugoso, y podrá ser pintado posteriormente de cualquier color con pintura plástica o acrílica. Incluso existe la posibilidad de su alisamiento con ayuda de yeso y una lana.

4.2 Espesores mínimos a aplicar

A continuación, se adjunta una tabla con los espesores mínimos de mortero a aplicar en los diferentes elementos constructivos de la planta industrial para su óptimo cumplimiento de la estabilidad de los elementos portantes en situación de incendio:

Elemento	Espesor mínimo mortero vermiculita-perlita
Pilares pórticos centrales	15 (mm)
Pilares pórticos testeros	15 (mm)
Pilares forjado	25 (mm)
Dinteles pórticos centrales	20 (mm)
Dinteles pórticos testeros	25 (mm)
Cruces de San Andrés	20 (mm)
Vigas de forjado	25 (mm)
Vigas perimetrales	25 (mm)

Tabla 2: Espesores mínimos de mortero intumescente

Anejo IV: Estudio de gestión de residuos

Anejo IV: Estudio de gestión de residuos

1	Contenido del documento	3
2	Plan de gestión de residuos	3
2.1	Clasificación y descripción de los residuos.....	3
2.2	Estimación de la cantidad de residuos generados.....	3
3	Medidas para la optimización de la gestión de residuos en obra.....	6
4	Medidas para la separación de los residuos en obra.....	6
5	Operaciones de reutilización, valoración o eliminación de residuos.....	7

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Cantidades de residuos generados</i>	5
<i>Tabla 2: Resumen estudio de residuos</i>	6
<i>Tabla 3: Resumen medidas para la separación en obra</i>	7
<i>Tabla 4: Tratamiento y destino de los residuos</i>	9

1 Contenido del documento

En cumplimiento del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), conforme a lo dispuesto en el Artículo 4 "Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición", el presente estudio de residuos trata los siguientes puntos:

- Identificación del tipo de residuo generado.
- Estimación de la cantidad de residuos generados en m³ y t.
- Medidas para la prevención de los residuos en obra.
- Medidas para la separación de los residuos en obra.
- Operaciones de reutilización, valoración o eliminación a las que se verán sometidos los residuos.

2 Plan de gestión de residuos

La identificación de los residuos a generar se deberá de codificar acorde a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de febrero o sus modificaciones posteriores.

2.1 Clasificación y descripción de los residuos

Acorde a la Orden MAM/304/2002 de febrero se pueden definir dos tipos de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

RCD de nivel 1: Tierras y materiales pétreos, sin contaminar, procedentes de la ejecución de obras de excavación.

RCD de nivel 2: Residuos generados a partir de la realización de las actividades propias del sector de la construcción, de procesos de demolición, reparaciones domiciliarias, así como los generados en la implantación de servicios.

2.2 Estimación de la cantidad de residuos generados

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Densidad aparente (t/m ³)	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I				
1 Tierras y pétreos de la excavación				
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	17 05 04	0,00	0,00	103
RCD de Nivel II				
RCD de naturaleza no pétreo				
1 Asfalto				
Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	17 03 02	1,30	0,15	0,19
2 Madera				
Madera.	17 02 01	1,10	0,10	0,11
3 Metales (incluidas sus aleaciones)				
Envases metálicos	15 01 04	0,60	0,075	0,045
Aluminio	17 04 02	1,50	0,050	0,075
Hierro y acero	17 04 05	2,10	0,3	0,63

Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.	17 04 11	1,50	0,0050	0,0075
4 Papel y cartón				
Envases de papel y cartón.	15 01 01	0,75	0,20	0,15
5 Plástico				
Plástico.	17 02 03	0,60	0,15	0,090
6 Vidrio				
Vidrio.	17 02 02	1,00	0,00	0,00
7 Yeso				
Residuos no especificados en otra categoría.	08 01 99	0,90	0,00	0,00
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	17 08 02	1,00	0,03	0,030
8 Basuras				
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	17 06 04	0,60	0,05	0,030
Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	17 09 04	1,50	0,16	0,24
Residuos biodegradables.	20 02 01	1,50	0,60	0,90
Residuos de la limpieza viaria.	20 03 03	1,50	0,30	0,45
RCD de naturaleza pétreo				
1 Arena, grava y otros áridos				
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 08	1,50	0,50	0,75
Residuos de arena y arcillas.	01 04 09	1,60	0,70	1,12
2 Hormigón				
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	1,50	0,30	0,45

3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos				
Ladrillos	17 01 02	1,25	0,00	0,00
Tejas y materiales cerámicos.	17 01 03	1,25	0,020	0,025
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	17 01 07	1,25	0,015	0,019
4 Piedra				
Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 13	1,50	0,63	0,94
RCD potencialmente peligrosos				
1 Otros				
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	0,90	0,050	0,045

Tabla 1: Cantidades de residuos generados

A continuación, se adjunta una tabla resumen de la totalidad del peso de los diferentes residuos, así como el volumen de los mismos, todos ellos agrupados según el nivel al cual corresponden y a sus respectivos apartados:

Material según Orden Ministerial MAM/304/200	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I		
1 Tierras y pétreos de la excavación	0,00	103
RCD de Nivel II		
RCD de naturaleza no pétreo		
1 Asfalto	0,15	0,19
2 Madera	0,10	0,11
3 Metales (incluidas sus aleaciones)	0,43	0,76
4 Papel y cartón	0,20	0,15
5 Plástico	0,15	0,090
6 Vidrio	0,00	0,00
7 Yeso	0,03	0,03
8 Basuras	1,11	1,62
RCD de naturaleza pétreo		
1 Arena, grava y otros áridos	1,2	1,87
2 Hormigón	0,30	0,45
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	0,035	0,044
4 Piedra	0,63	0,94
RCD potencialmente peligrosos		

1 Otros	0,050	0,045
---------	-------	-------

Tabla 2: Resumen estudio de residuos

3 Medidas para la optimización de la gestión de residuos en obra.

Las labores a realizar en el proyecto en todo momento se deberán de planificar con la finalidad de evitar generar un mayor volumen de residuos que el estrictamente necesario para la ejecución del proyecto.

La Dirección Facultativa deberá de asumir la responsabilidad de la optimización de los recursos, así como de ejercer las labores de planificación y organización la obra en cuanto al acopio de materiales y proceso de ejecución se refiere.

Se deberán adoptar las medidas que se citan a continuación con la finalidad de evitar la generación de residuos innecesarios:

- La excavación de los volúmenes para la ejecución de los elementos de cimentación se ajustará a lo dispuesto en los planos con la finalidad de evitar movimientos de tierras innecesarios, así como residuos de arcillas y piedras no contemplados en el plan de gestión de residuos original.
- Se deberá de evitar la producción de residuos de naturaleza pétreo (grava, arena, etc.) debiendo de llegar a un acuerdo con el suministrador de material para su posible devolución en caso de no ser utilizado al completo.
- Se priorizará como destino del hormigón el ejecutado en central. Además, se deberá de realizar un aprovechamiento del sobrante para la ejecución de las partidas que se adapten a las características requeridas.
- Los asfaltos y demás materiales conformados por mezclas bituminosas, deberán de ser suministrados en su proporción justa con el fin de evitar materiales sobrantes innecesarios.
- Se deberá de solicitar a los proveedores de material que el embalaje de los materiales suministrados para la ejecución venga únicamente con la cantidad justa y necesaria para su correcto transporte, debiéndose de evitar realizar un embalaje sobredimensionado de los diferentes productos.
- Los materiales metálicos, así como sus aleaciones, deberán de ser suministrados en su proporción justa con el fin de evitar materiales sobrantes innecesarios.

4 Medidas para la separación de los residuos en obra.

La separación de los residuos en obra será de obligado cumplimiento en los casos en los que se aplique y se deberá de realizar de forma individualizada para cada uno de los grupos de residuos de construcción y demolición.

A continuación, se adjunta una tabla en la cual se pueden observar los diferentes umbrales de almacenamiento de acuerdo a lo establecido en Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, así como si se debe de realizar un proceso de separación "in situ" o, por el contrario; no es necesario.

Tipo de residuo	Residuo generado en obra (t)	Umbral de residuo según normativa (t)	Acción de separación "in situ"
Hormigón	0,30	80	No obligatoria

Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	0,035	40	No obligatoria
Metales (incluidas sus aleaciones)	0,43	2	Obligatoria
Madera	0,10	1	Obligatoria
Vidrio	0,00	1	No obligatoria
Plástico	0,15	0,50	No obligatoria
Papel y cartón	0,20	0,50	Obligatoria

Tabla 3: Resumen medidas para la separación en obra

La separación de los residuos se deberá de lleva a cabo preferiblemente por el propietario de los mismos.

5 Operaciones de reutilización, valoración o eliminación de residuos.

Para cada uno de los residuos, se deberá de establecer un tratamiento y destino adecuado tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Tratamiento	Destino	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I				
1 Tierras y pétreos de la excavación				
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	Reutilización	Propia obra	103
RCD de Nivel II				
RCD de naturaleza no pétreo				
1 Asfalto				
Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	17 03 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,195
2 Madera				
Madera.	17 02 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,11
3 Metales (incluidas sus aleaciones)				
Envases metálicos	15 01 04	Depósito/Tratamiento	Gestor autorizado RNPs	0,045
Aluminio.	17 04 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,075
Hierro y acero.	17 04 05	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,63
Cables distintos de los especificados en	17 04 11	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,0075

el código 17 04 10.				
4 Papel y cartón				
Envases de papel y cartón.	15 01 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,15
5 Plástico				
Plástico.	17 02 03	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,090
6 Vidrio				
Vidrio.	17 02 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
7 Yeso				
Residuos no especificados en otra categoría.	08 01 99	Depósito/Tratamiento	Gestor autorizado RNPs	0,00
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	17 08 02	Reciclado	Gestor autorizado RNIPs	0,03
8 Basuras				
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	17 06 04	Reciclado	Gestor autorizado RNIPs	0,030
Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	17 09 04	Depósito/Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,24
Residuos biodegradables.	20 02 01	Reciclado/Vertedero	Gestor autorizado RSU	0,90
Residuos de la limpieza viaria.	20 03 03	Reciclado/Vertedero	Gestor autorizado RSU	0,45
RCD de naturaleza pétreo				
1 Arena, grava y otros áridos				
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en	01 04 08	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,75

el código 01 04 07.				
Residuos de arena y arcillas.	01 04 09	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	1,12
2 Hormigón				
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	Reciclado/Vertedero	Planta de reciclaje RCD	0,45
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos				
Ladrillos	17 01 02	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00
Tejas y materiales cerámicos.	17 01 03	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,025
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	17 01 07	Reciclado/Vertedero	Planta de reciclaje RCD	0,019
4 Piedra				
Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 13	Sin tratamiento específico	Restauración/Vertedero	0,94
RCD potencialmente peligrosos				
1 Otros				
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	Depósito/Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,045

Tabla 4: Tratamiento y destino de los residuos

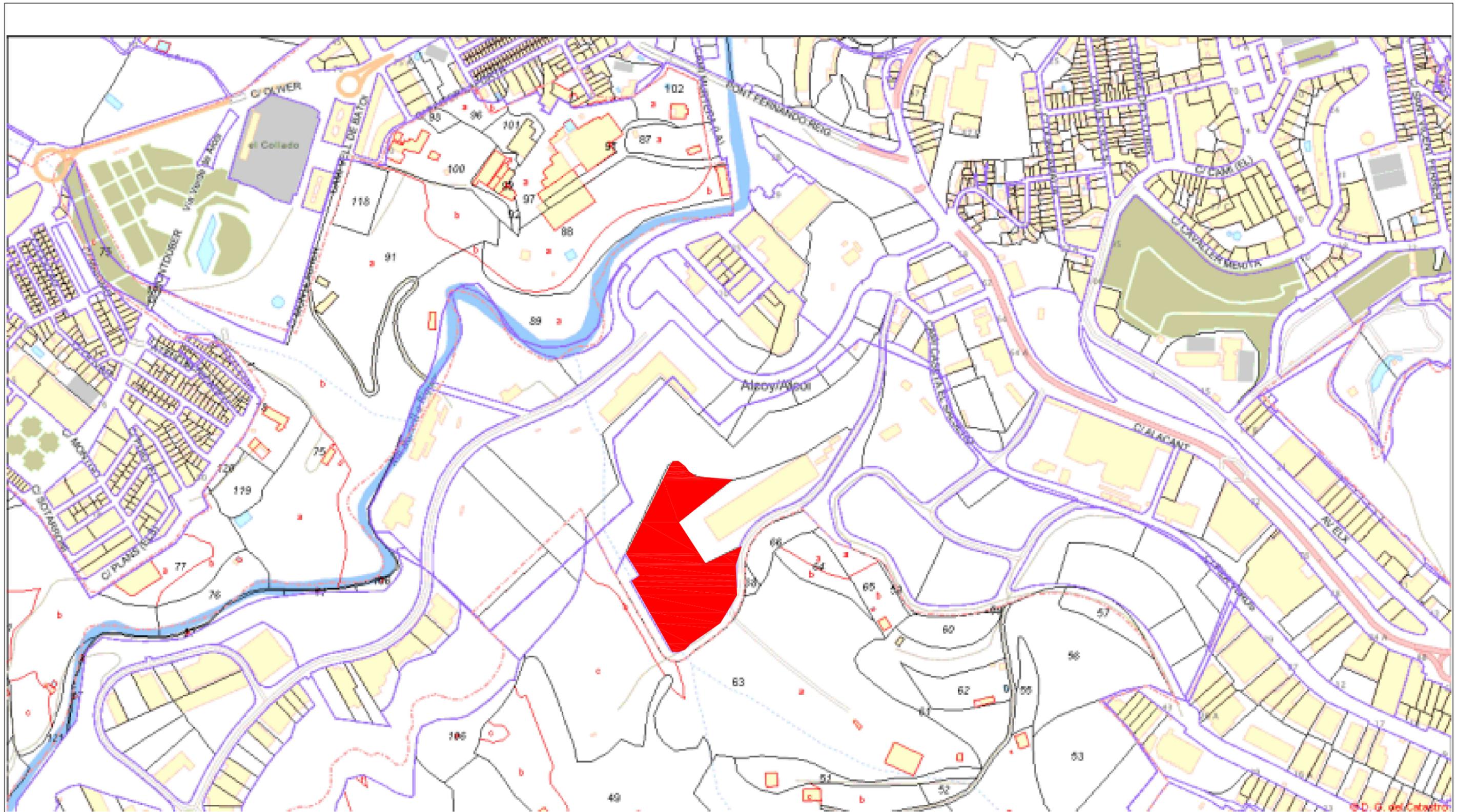
Abreviaturas:

- **RNP:** Residuo No Peligroso.
- **RP:** Residuo Peligroso.
- **RCD:** Residuo de Construcción y Demolición.
- **RSU:** Residuo Sólido Urbano.

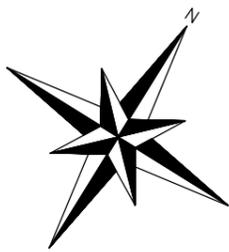
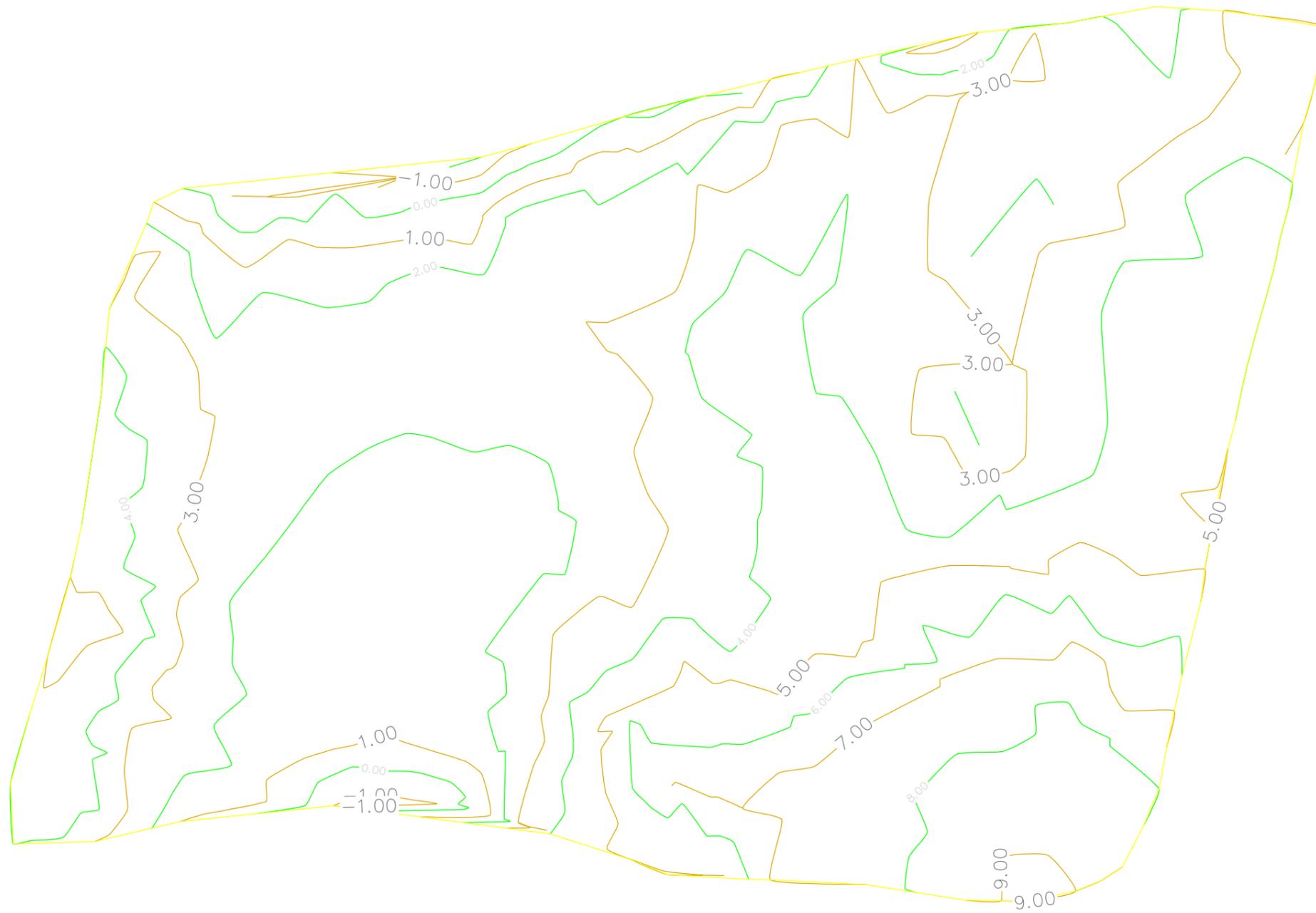
Planos

Planos

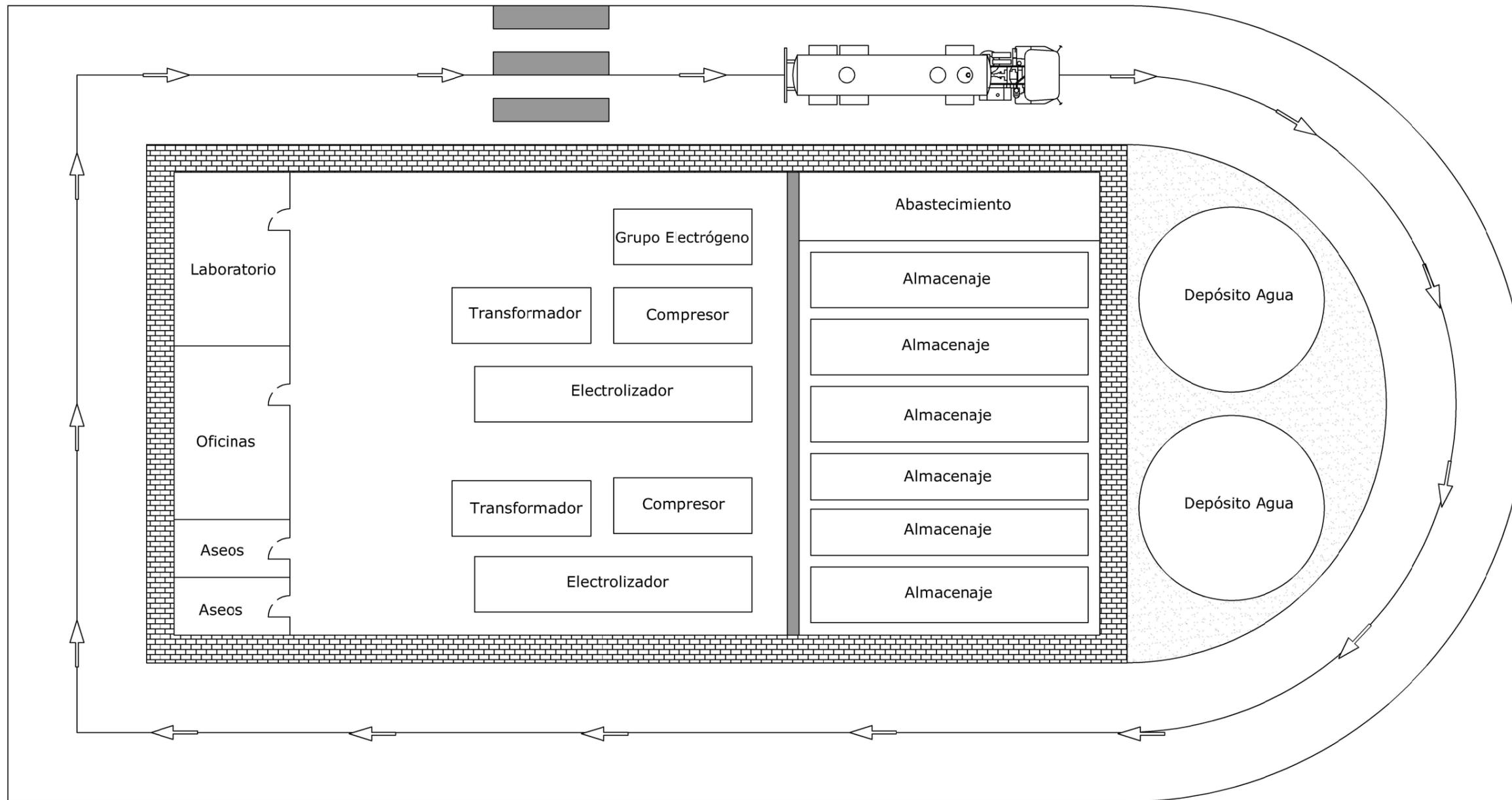
Plano de emplazamiento.....	1
Plano de movimiento de tierras.....	2
Plano de planta general de la planta industrial.....	3
Plano de cimentación.....	4
Plano de detalle de los elementos de cimentación.....	5
Plano de detalle placas de anclaje.....	6
Plano de vista lateral de la edificación.....	7
Plano de pórtico testero y forjado	8
Plano de pórtico testero e interior.....	9
Plano de planta.....	10
Plano de la edificación completa.....	11
Plano de detalle unión dinteles IPE 330.....	12
Plano de detalle unión pilares y dinteles.....	13
Plano de detalle unión pilares testeros con dintel.....	14
Plano de distribución de correas.....	15
Plano de la edificación completa renderizado.....	16



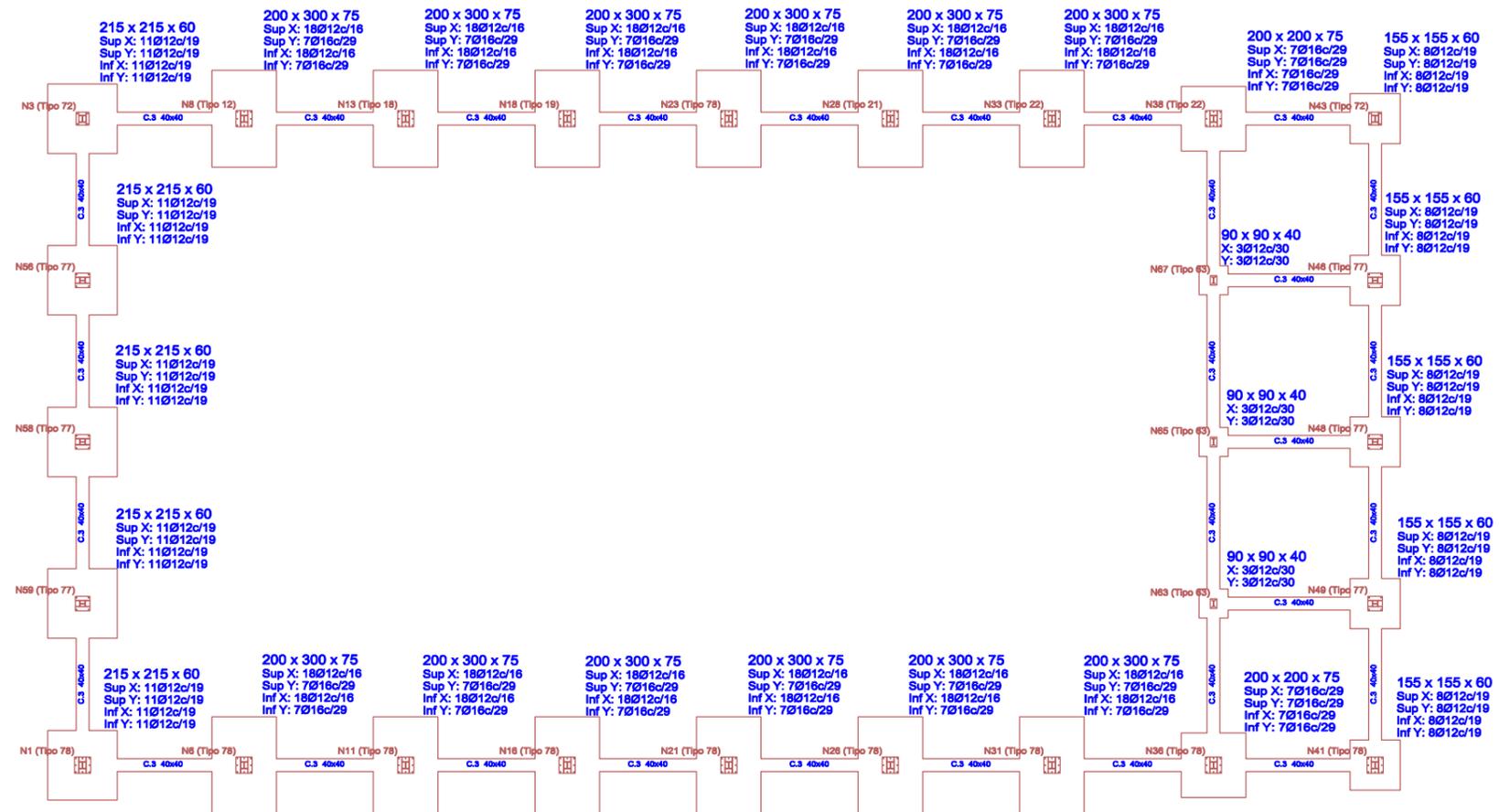
Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/4000	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi	
Fecha:	07/06/2022			
Anotaciones: La edificación industrial se emplazará en la parcela marcada en tonalidad roja			Nombre: Plano de la emplazamiento	
			Plano nº:	1
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica				



Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/1000	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi	
Fecha:	07/06/2022			
Anotaciones: Altura relativa respecto a la altitud absoluta de la parcela			Nombre: Plano de movimiento de tierras	
			Plano nº:	2
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica				



Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/200	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi	
Fecha:	07/06/2022			
Anotaciones: Distribución en planta de los elementos, disposición de muros, aceras, carreteras, depósitos de agua y espacios de trabajo			Nombre: Plano de planta general de la planta industrial	
			Plano nº:	3
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica				

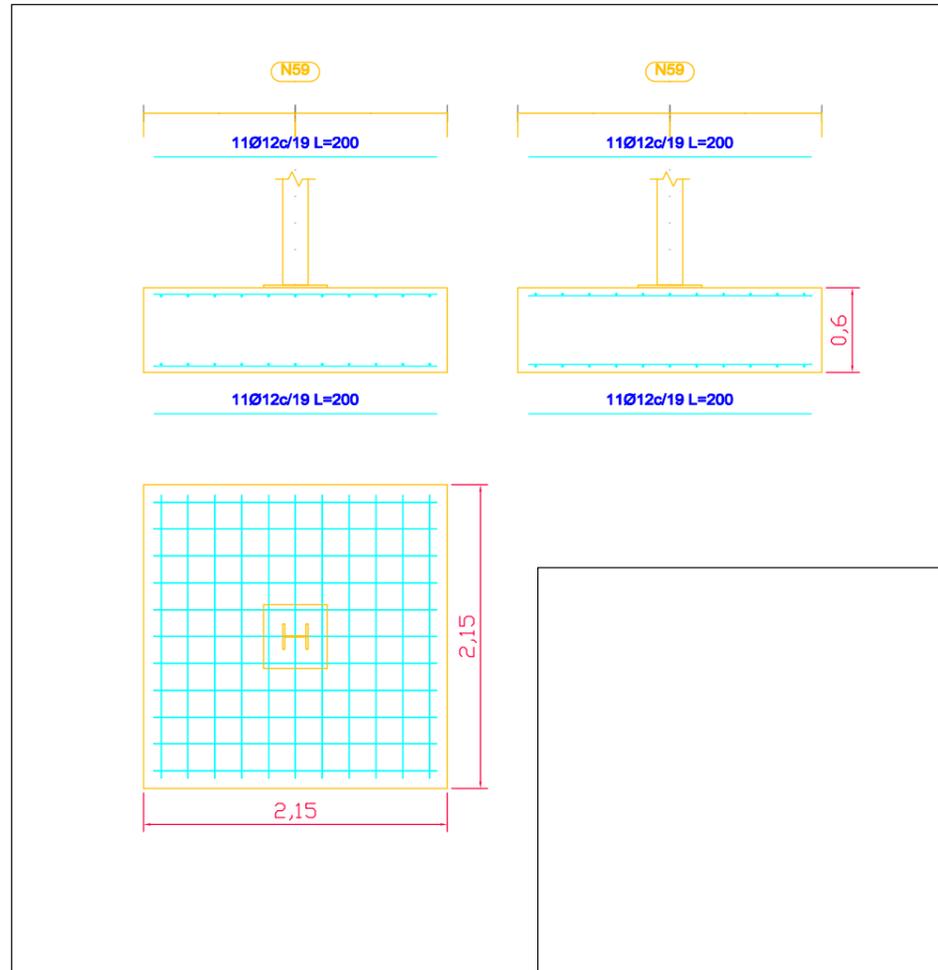


CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

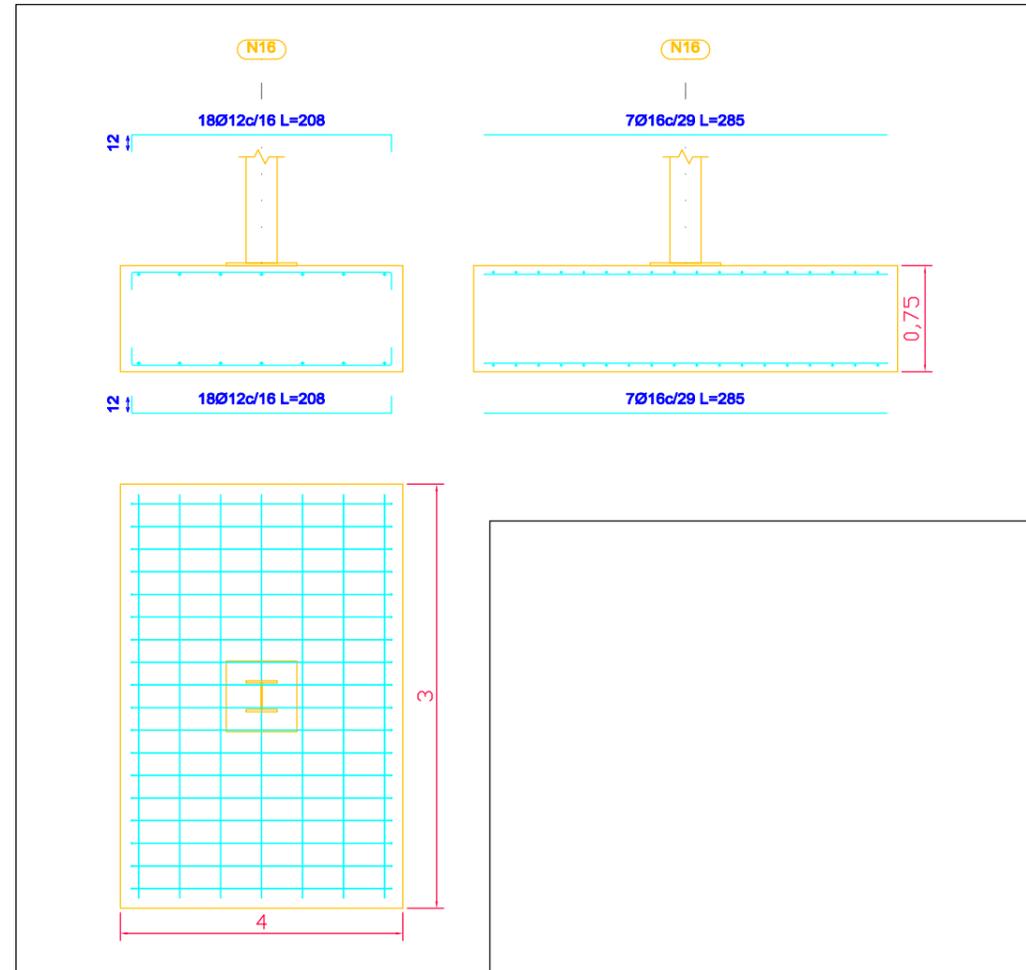
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/200	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Atención a la disparidad en el tamaño de algunas de las zapatas			Nombre: Plano de Cimentación
			Plano nº: 4
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			

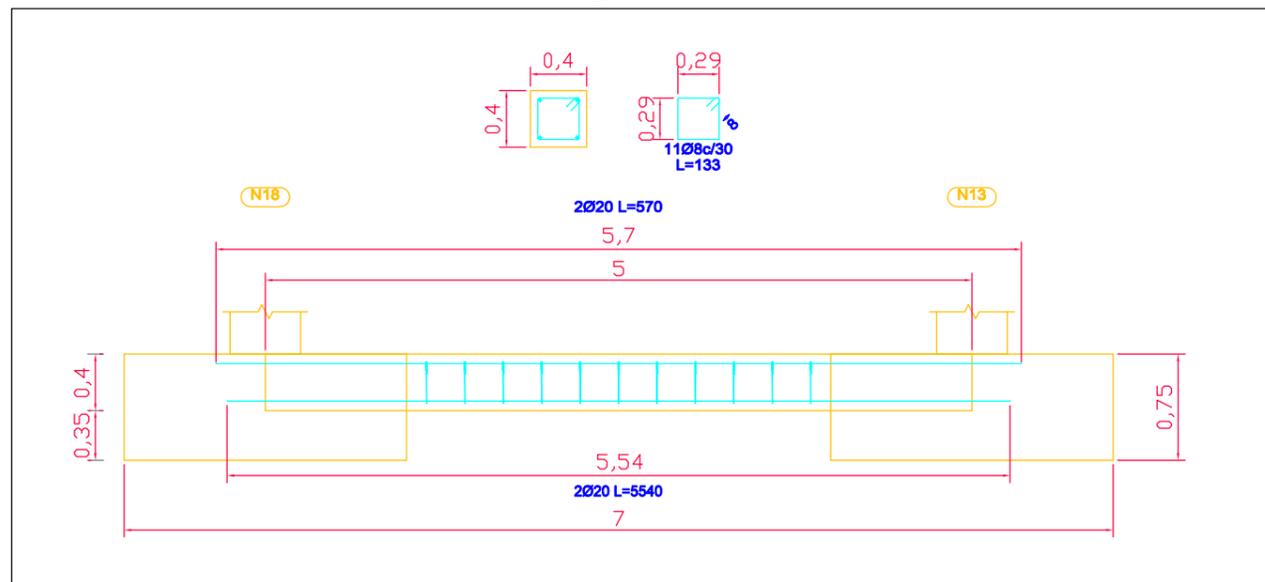
Detalle zapata cuadrada N59



Detalle zapata rectangular N59



Detalle viga de atado N18-N13

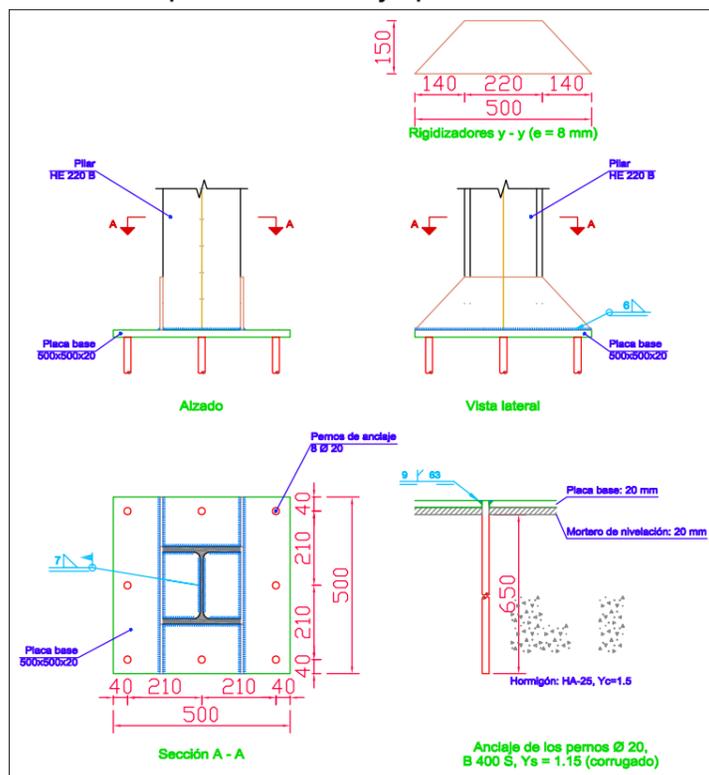


CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

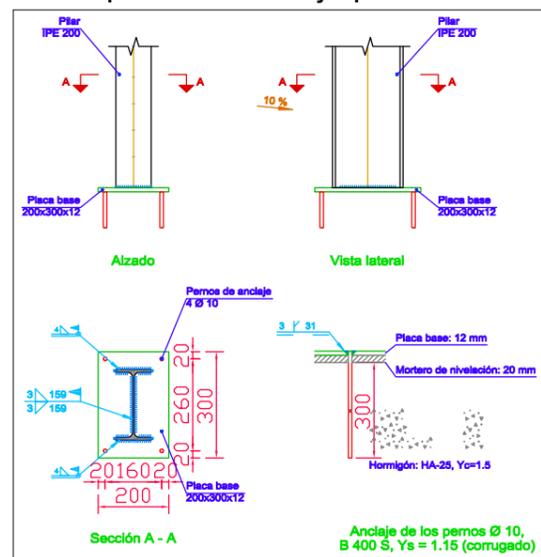
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/50	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas en metros (m)			Nombre: Plano de detalle de los elementos de cimentación Plano nº: 5
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			

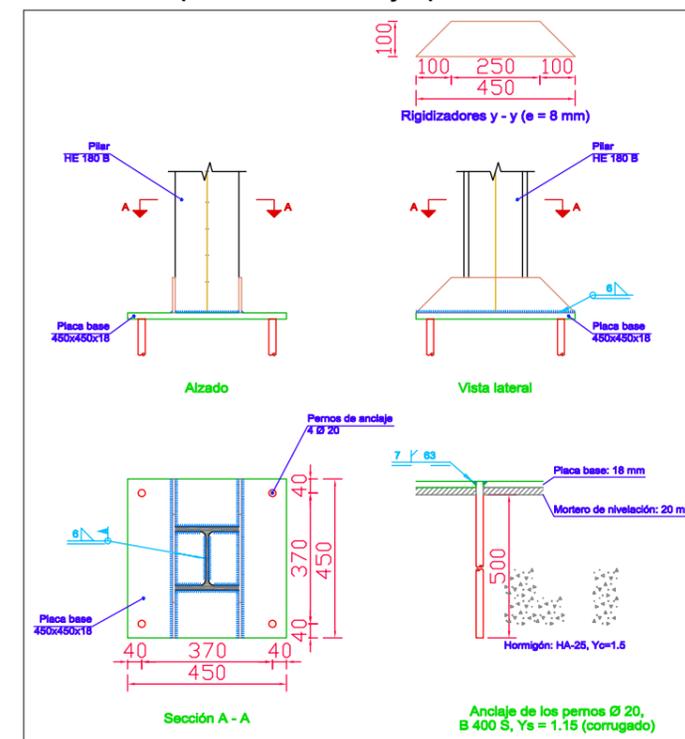
Detalle placa de anclaje pilares HEB 220



Detalle placa de anclaje pilares IPE 200



Detalle placa de anclaje pilares HEB 180

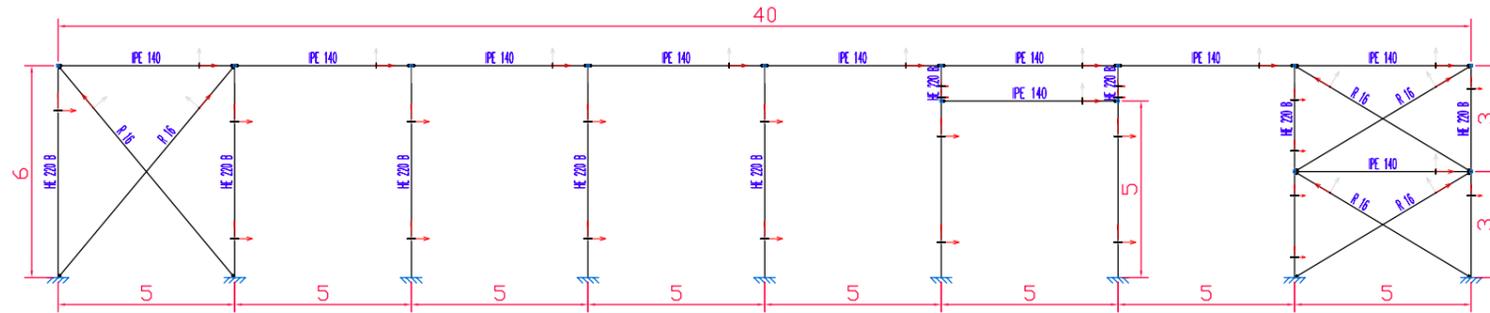


CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

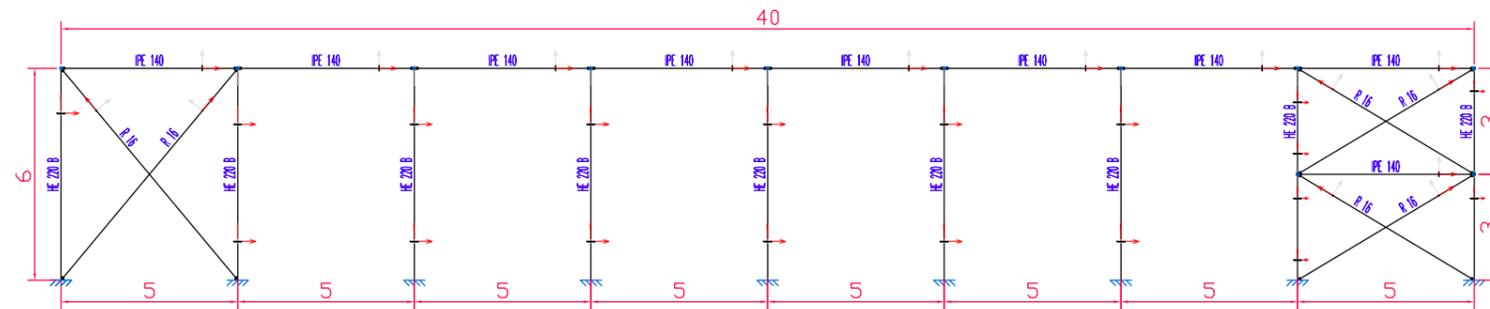
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/20	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas en milímetros (mm)			Nombre: Plano de detalle placas de anclaje
			Plano nº: 6
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			

2D: lateral izquierdo



2D: lateral derecho



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/200	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		

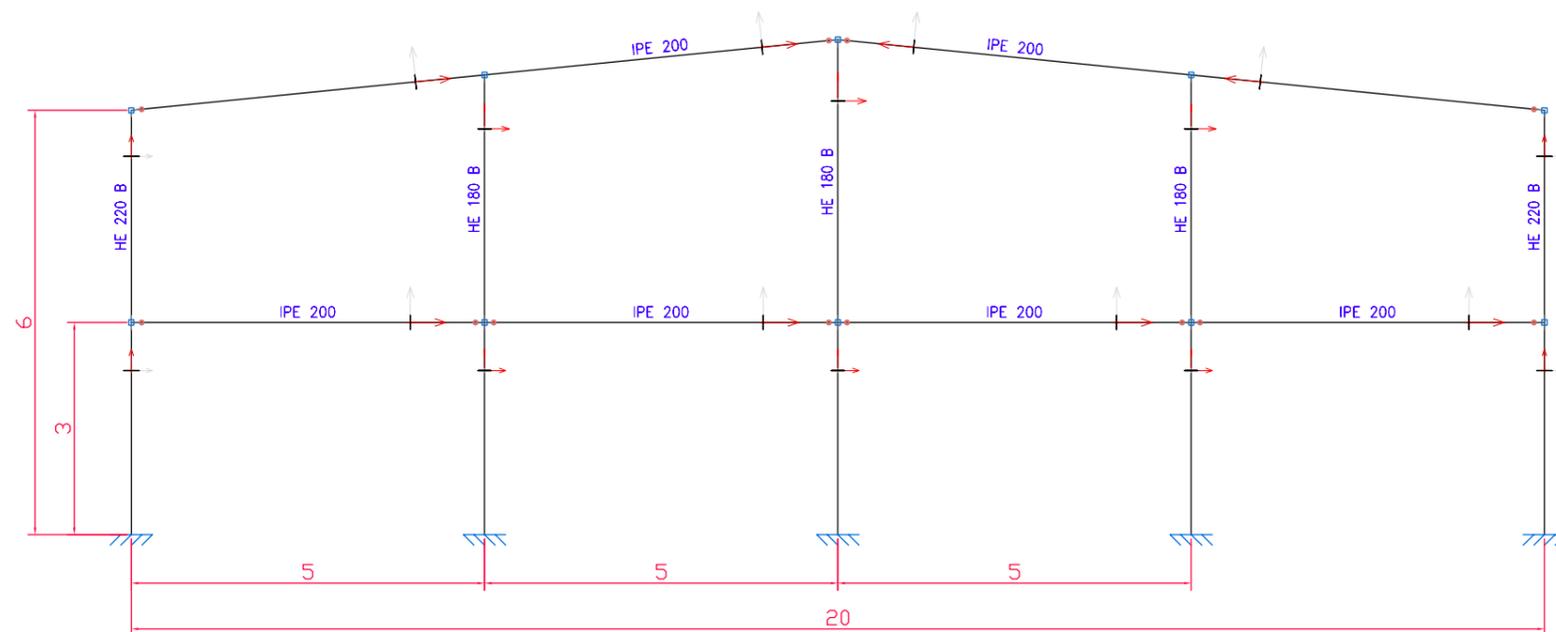
Anotaciones: Cotas en metros (m)
Atención a la ejecución del dintel para la puerta principal en el lateral izquierdo

Nombre: Plano de vista lateral de la edificación

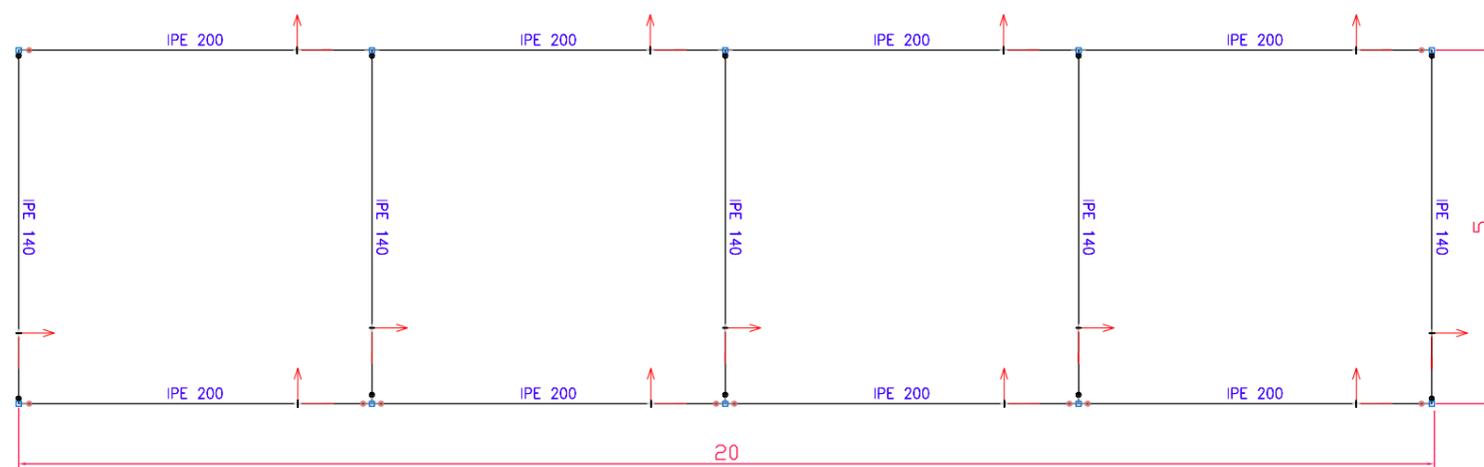
Plano nº: 7

Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica

2D: Testero forjado



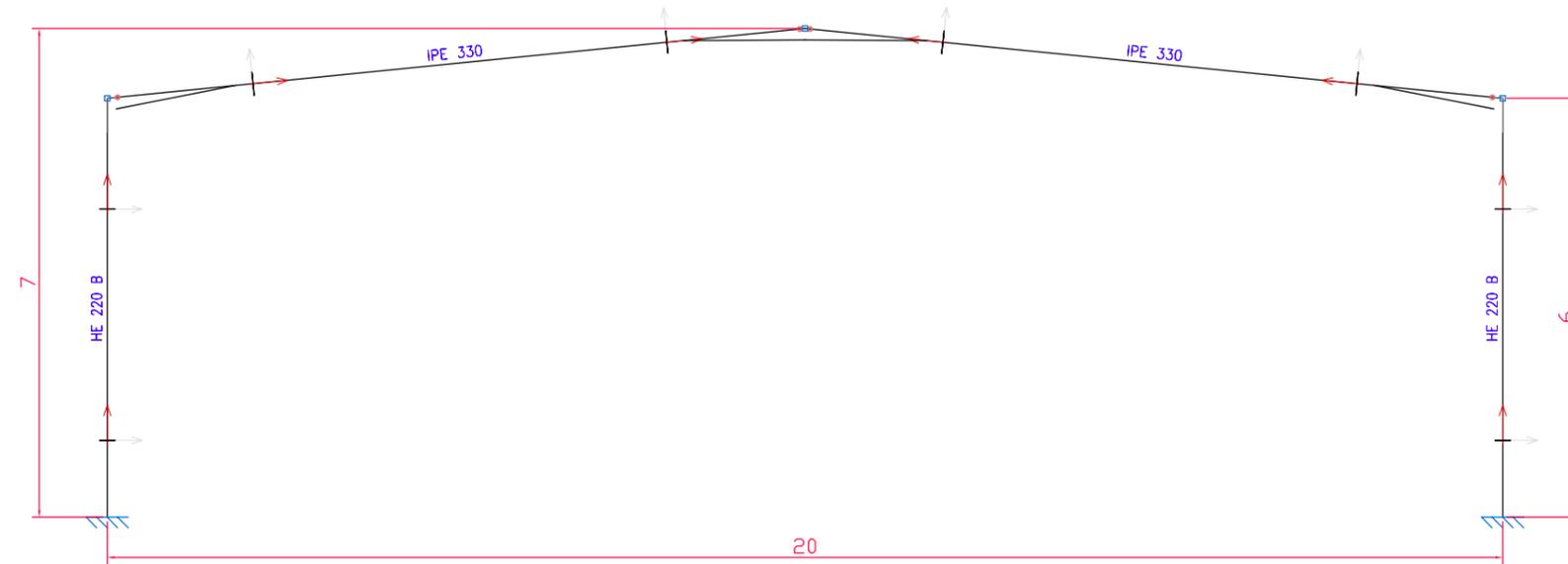
2D: forjado



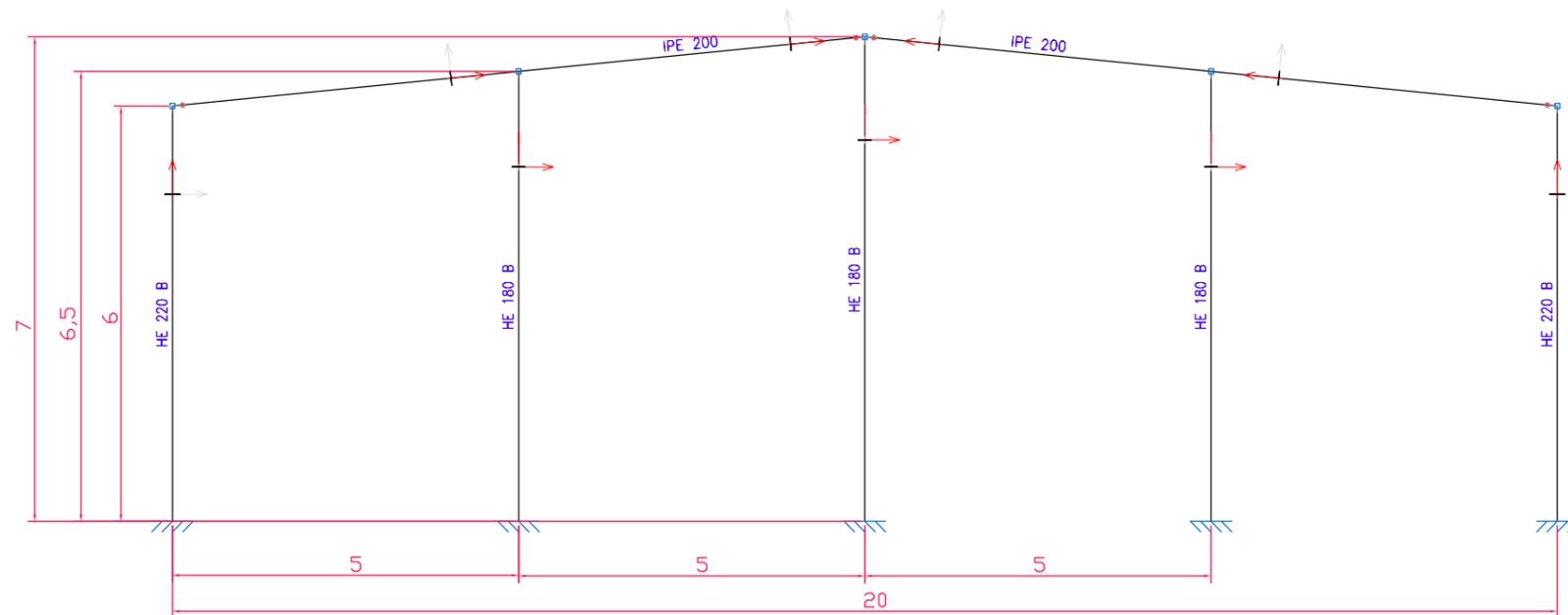
CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/100	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas en metros (m)			Nombre: Plano de pórtico testero y forjado
			Plano nº: 8
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			

2D: pórtico interior



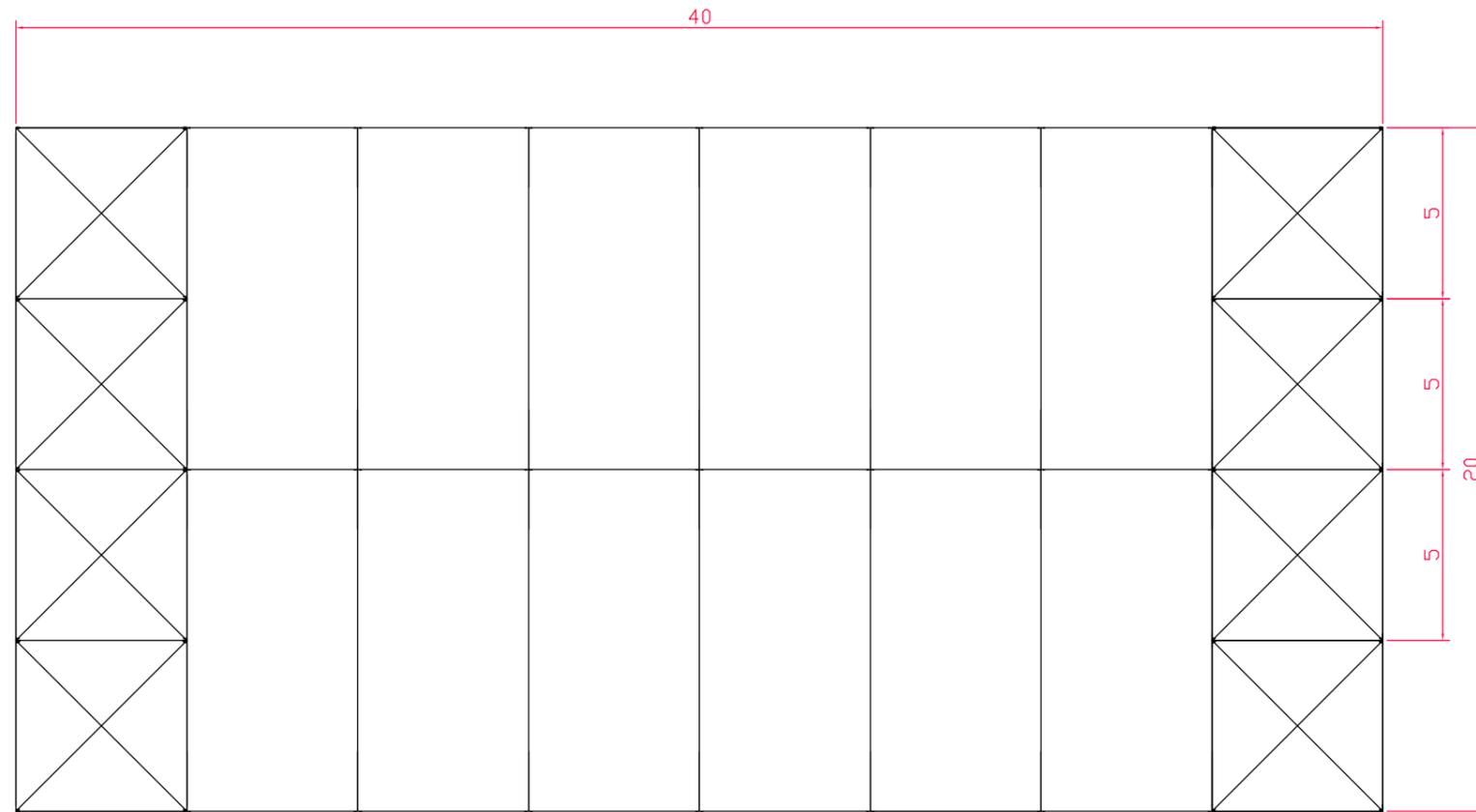
2D: Testero



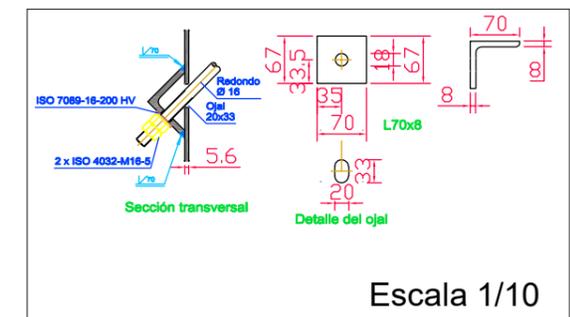
CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/100	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas en metros (m)			Nombre: Plano de pórtico testero e interior
			Plano nº: 9
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			

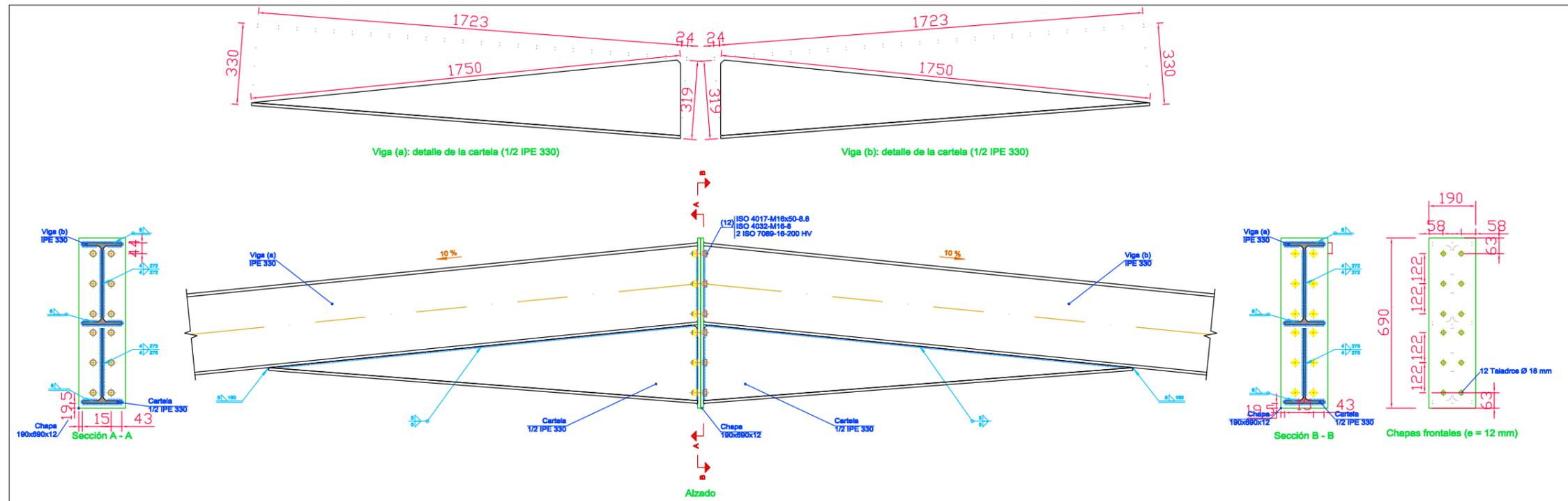


Detalle unión cruces de San Andrés



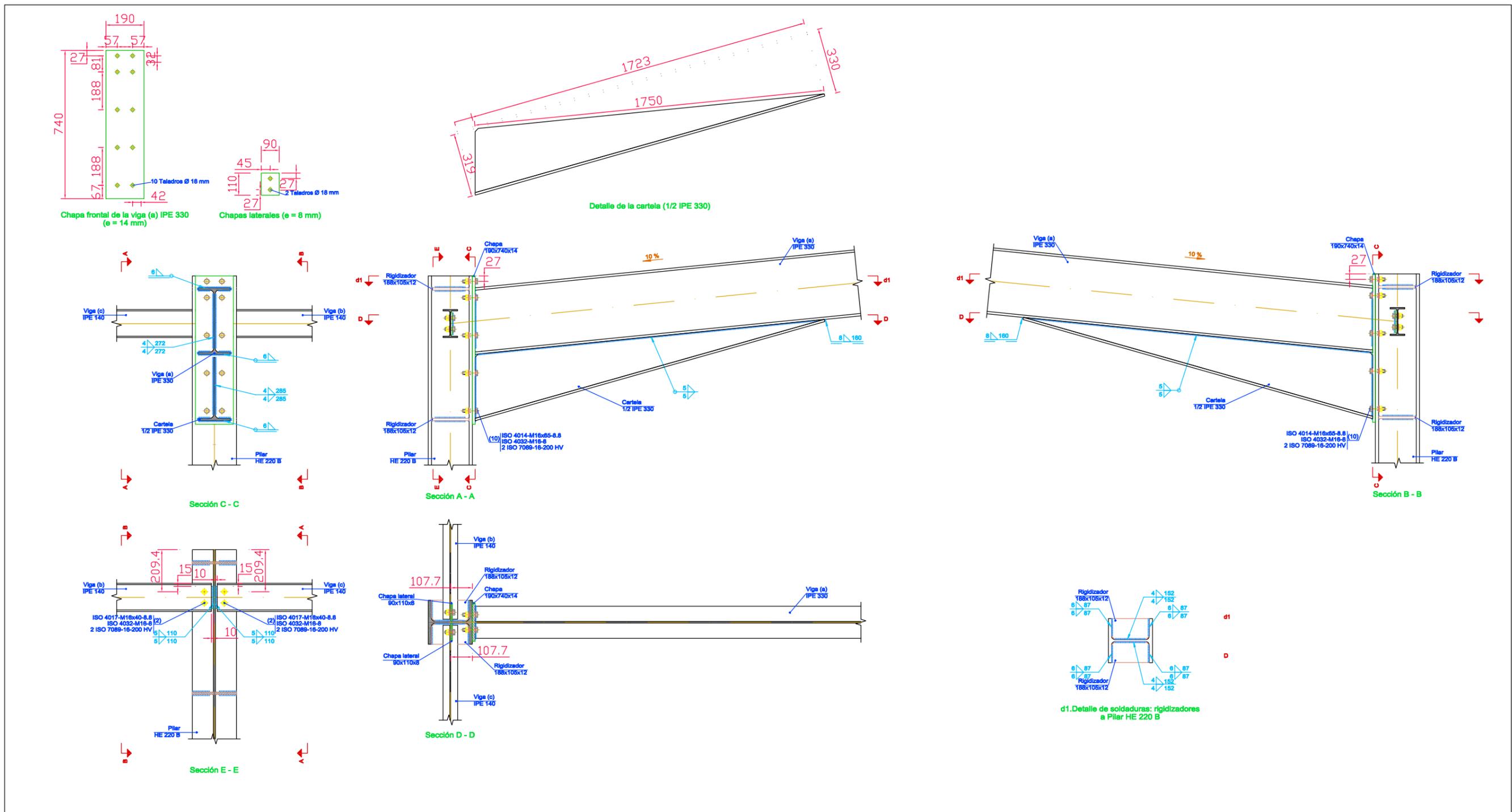
CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/200	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas generales en metros (m) Cotas del detalle en milímetros (mm)			Nombre: Plano de planta
			Plano nº: 10
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

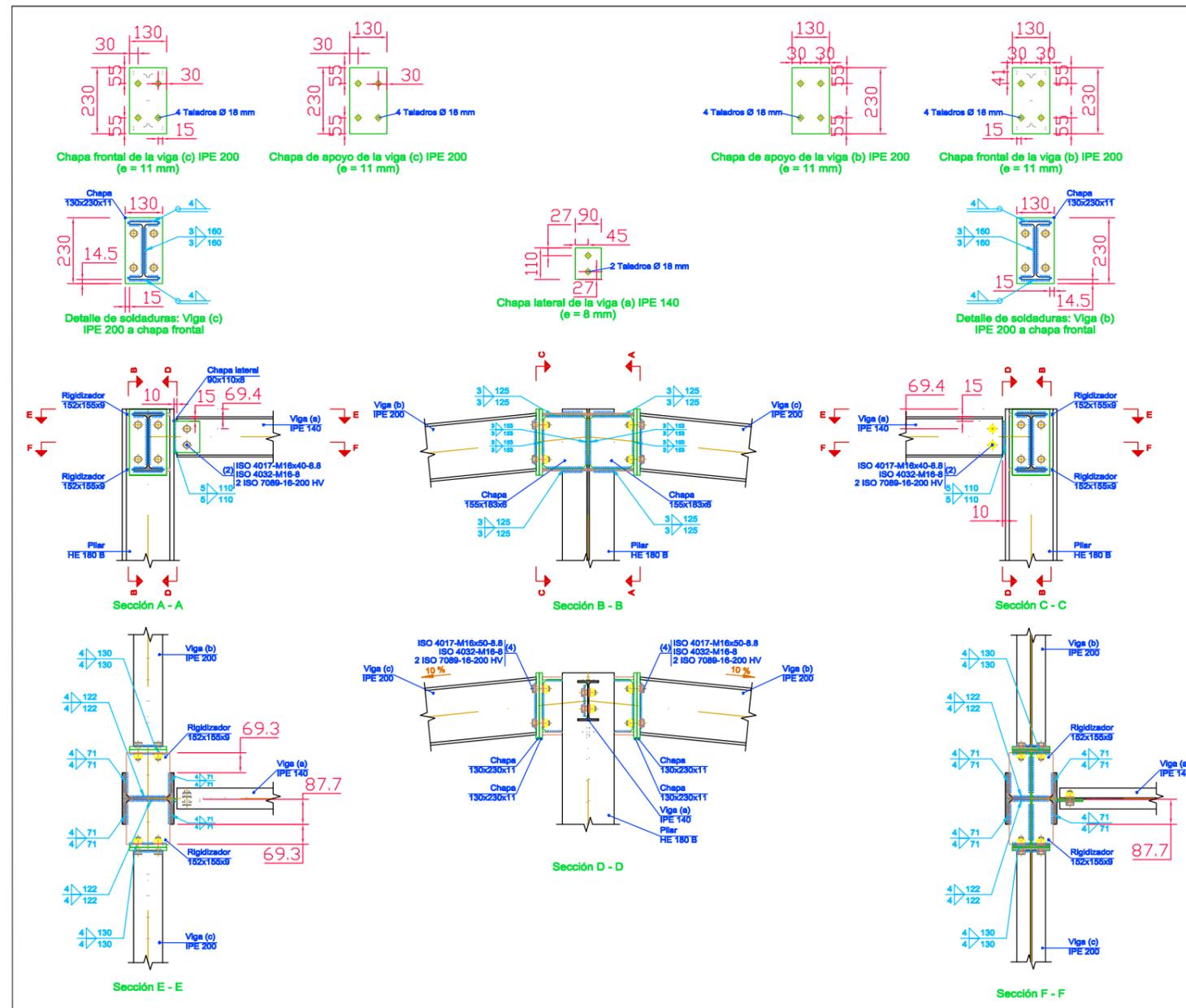
Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/20	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas en milímetros (mm)			Nombre: Plano de detalle unión dinteles IPE 330
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica		Plano nº:	



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

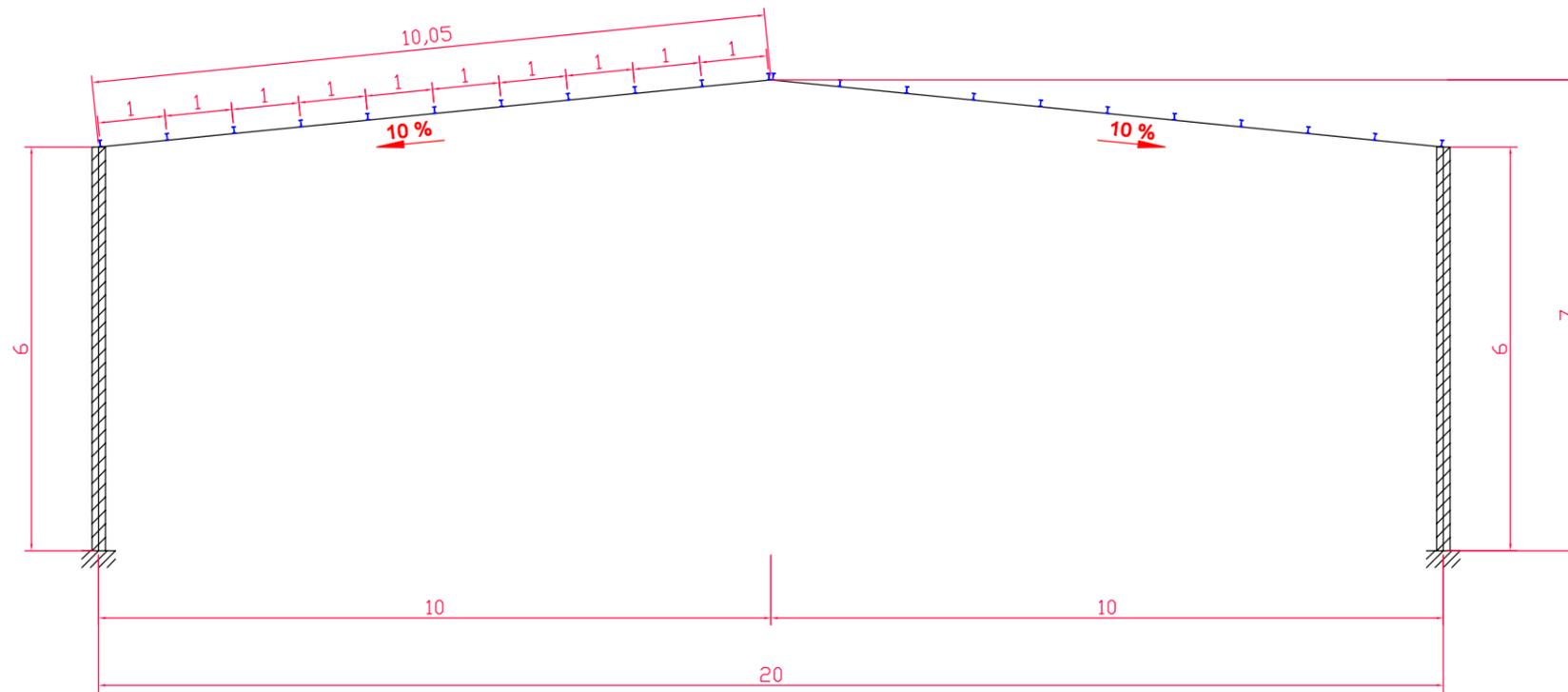
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/20	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas en milímetros (mm)			Nombre: Plano de detalle unión pilares y dinteles
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			
Plano nº:		13	

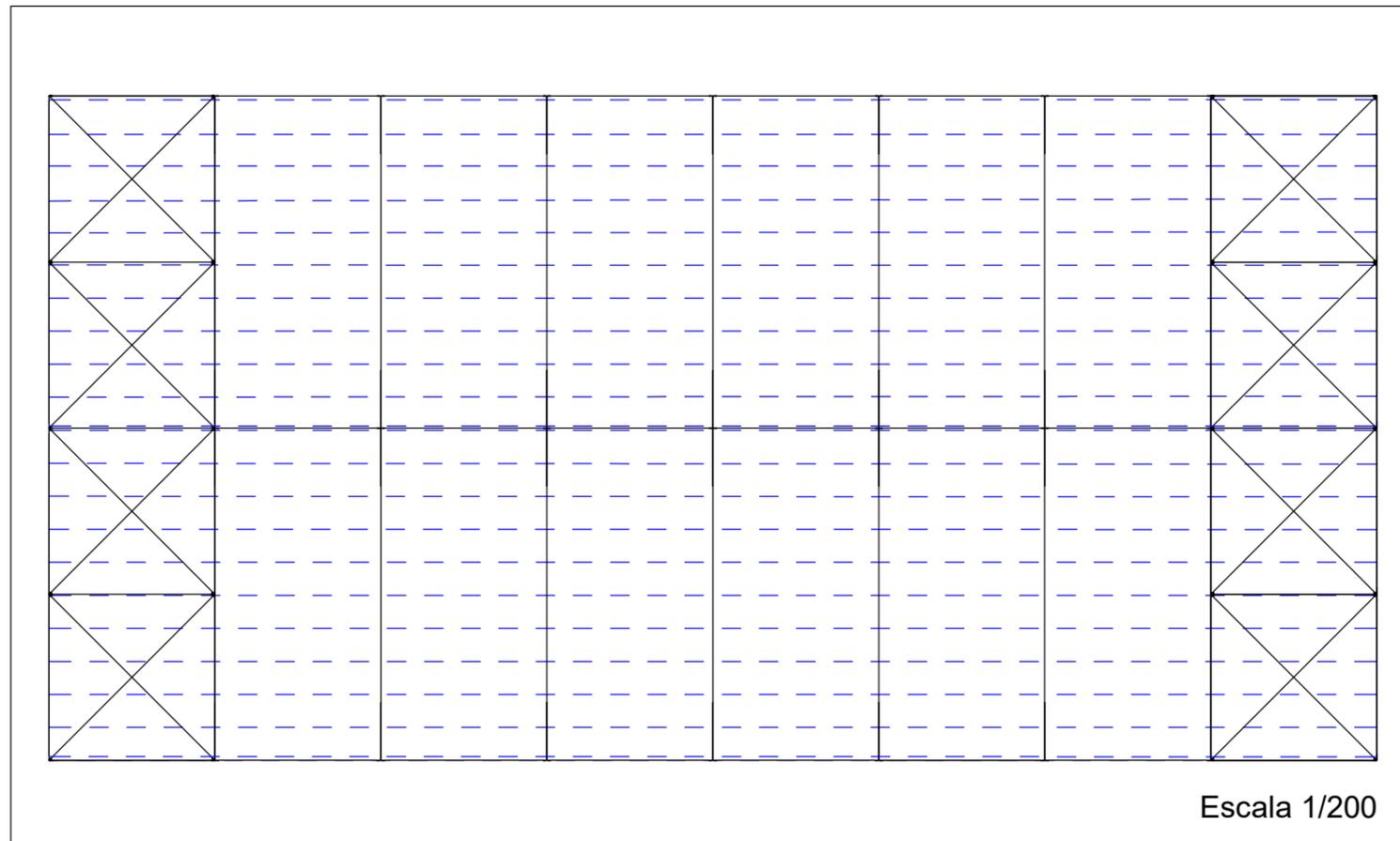


CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/20	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas en milímetros (mm)			Nombre: Plano de detalle unión pilares testers con dintel
			Plano nº: 14
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			



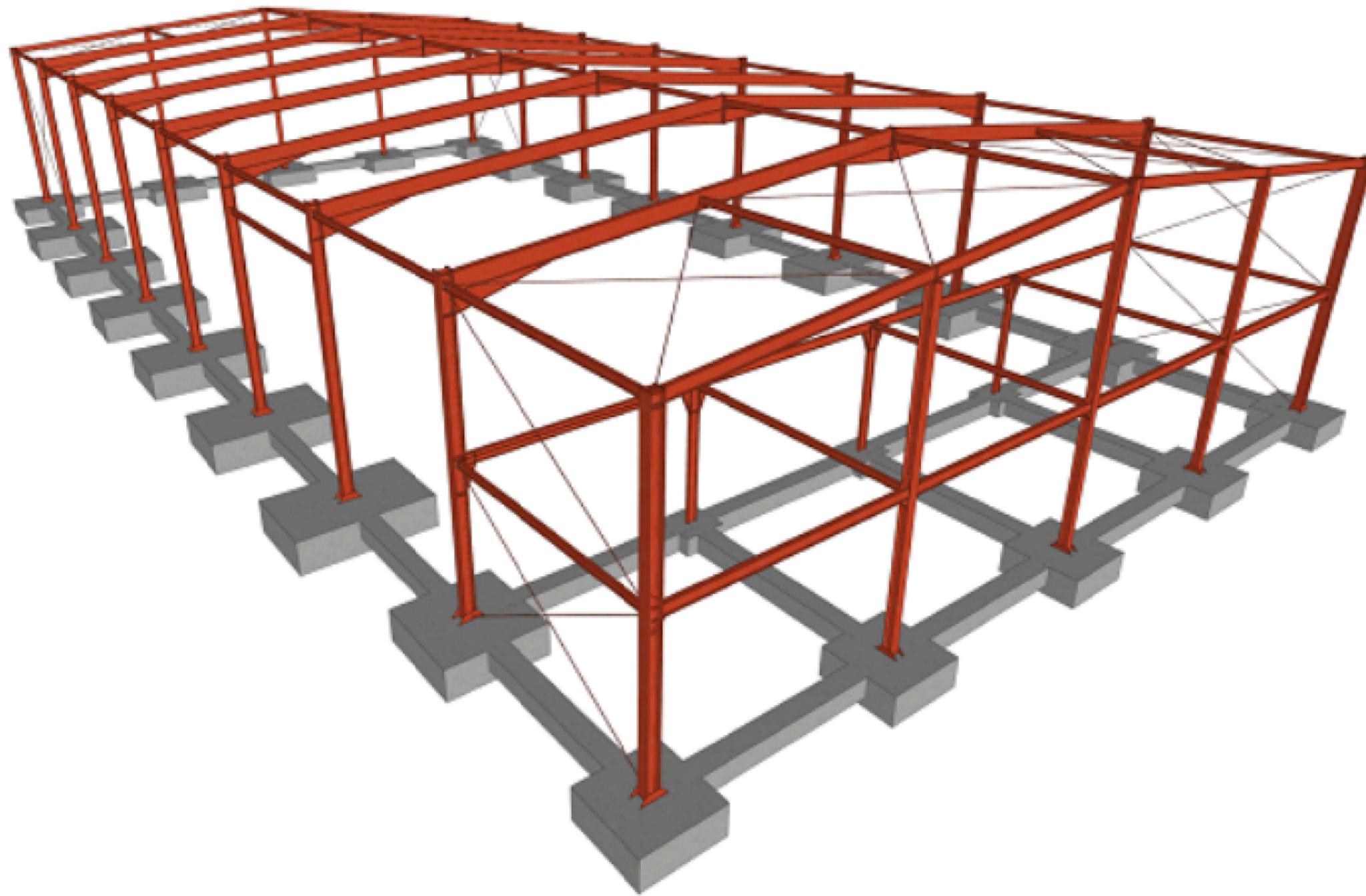
Detalle distribución en planta correas IPE 100



Escala 1/200

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Elemento	Denominación	Límite elástico
Acero perfiles laminados	S275JR	275 N/mm ²
Acero perfiles conformados	S235JR	235 N/mm ²
Tornillería uniones (ISO 4014)	8.8	800 N/mm ²
Acero pernos anclaje	B 400 S (corrugado)	400 N/mm ²
Acero armadura cimentación	B 500 S (corrugado)	500 N/mm ²
Hormigón cimentación	HA-25	25 N/mm ²

Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: 1/100	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi
Fecha:	07/06/2022		
Anotaciones: Cotas en metros (m)			Nombre: Plano distribución de correas
			Plano nº: 15
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica			



Autor:	Carlos Oliver Verdú	Escala: s/e	Universitat Politècnica de València. Campus d'Alcoi	
Fecha:	07/06/2022		Nombre: Plano de la edificación completa renderizado	
Anotaciones: No se han representado las correas IPE100			Plano nº:	16
Trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería Mecánica				

Pliego de condiciones generales

Pliego de condiciones generales

1.	Disposiciones generales	3
1.1	Disposiciones de carácter general.....	3
1.1.1	Objeto del Pliego de condiciones.....	3
1.1.2	Contrato de obra	3
1.1.3	Documentación del contrato de obra	3
1.1.4	Reglamentación urbanística	3
1.1.5	Jurisdicción competente	3
1.1.6	Responsabilidad del contratista	3
1.1.7	Accidentes laborales	4
1.1.8	Daños y perjuicios generados a terceros	4
1.1.9	Anuncios y carteles.....	4
1.1.10	Copia de documentos.....	4
1.1.11	Suministro de materiales	4
1.1.12	Causas de rescisión del contrato en obra	5
1.2	Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.....	5
1.2.1	Accesos y vallados	5
1.2.2	Replanteo	5
1.2.3	Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos	6
1.2.4	Facilidades para otros contratistas	6
1.2.5	Ampliación del proyecto por causas imprevistas.....	6
1.2.6	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto.....	6
1.2.7	Prorroga por causa de fuerza mayor.....	7
1.2.8	Responsabilidad de la dirección facultativa en retraso de obra	7
1.2.9	Trabajos defectuosos	7
1.2.10	Vicios ocultos y defectos	7
1.2.11	Procedencia de los materiales, aparatos y equipos utilizados.....	8
1.2.12	Presentación de muestras de productos	8
1.2.13	Materiales, aparatos y equipos defectuosos	8
1.2.14	Gastos ocasionados por la realización de pruebas y ensayos.....	8
1.2.15	Limpieza de las obras	8
1.3	Disposiciones sobre las recepciones de los edificios y obras anejas	9
1.3.1	Consideraciones de carácter general	9
1.3.2	Recepción provisional	9

1.3.3	Documentación final de la obra	9
1.3.4	Medición definitiva y liquidación provisional de la obra	9
1.3.5	Plazo de garantía	10
1.3.6	Conservación de las obras recibidas temporalmente	10
1.3.7	Recepción definitiva	10
1.3.8	Prórroga del plazo de garantía	10
1.3.9	Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.....	10
2	Disposiciones Facultativas.....	10
2.1	Promotor	10
2.2	Proyectista.....	11
2.3	Contratista o Constructor.....	11
2.4	Director de Obra.....	11
2.5	Director de Ejecución de Obra	11
2.6	Dirección Facultativa	12
2.7	Visitas facultativas.....	12
3	Disposiciones económicas.....	12
3.1	Definición	12
3.2	Contrato de obra	12
3.3	Criterio General	13
3.4	Fianza.....	13
3.4.1	Ejecución de trabajos con cargo a la fianza	13
3.4.2	Devolución de las fianzas	13
3.4.3	Devolución de la fianza en caso de efectuarse recepciones parciales.....	13
3.5	Precios	13
3.6	Precio básico	14
3.7	Precio unitario	14
3.8	Obras por administración.....	15

1. Disposiciones generales

1.1 Disposiciones de carácter general

1.1.1 Objeto del Pliego de condiciones

La finalidad del presente documento es establecer y definir los criterios de la relación entre los diferentes agentes intervinientes en la ejecución de la obra definida en el presente proyecto, así como para servir como base para la realización del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

1.1.2 Contrato de obra

Se recomienda el contrato de la ejecución de las obras mediante el uso de unidades de obra, de acuerdo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. El Director de obra ofrecerá la documentación necesaria para la realización de dicho contrato.

1.1.3 Documentación del contrato de obra

El contrato de obra estará formado por los documentos que se citan a continuación encontrándose estos relacionados por orden de prelación en lo que se refiere al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- Las condiciones fijadas en el propio documento de Contrato Administrativo.
- El Pliego de Condiciones particulares.
- El presente Pliego General de Condiciones.
- El resto de la documentación complementaria del Proyecto (memoria, planos y presupuestos).

El presente proyecto bajo el cumplimiento del artículo 58 del Reglamento General de Contratación del Estado, queda referido a la ejecución de una obra completa, siendo la misma susceptible de ser entregada al uso para el cual está destinada una vez finalizada.

En cada documento, las especificaciones literales redactadas prevalecerán sobre las gráficas. Las cotas definidas en los planos prevalecerán sobre la medida a escala que se pueda obtener de los mismos.

1.1.4 Reglamentación urbanística

El futuro edificio a construir cumplirá con todas las limitaciones del proyecto previamente aprobado por los organismos competentes, siendo de especial importancia las limitaciones referidas a alturas, volumen, emplazamiento y ocupación de la parcela. Además, se ajustará a todas las condiciones de reforma que puedan ser exigidas por la administración para su ajuste a las ordenanzas y normas vigentes.

1.1.5 Jurisdicción competente

En el caso de existir desacuerdo entre las partes, ambas quedarán obligadas a exponer las cuestiones derivadas del contrato a las autoridades y tribunales administrativos de acuerdo a la legislación vigente, siendo competente la jurisdicción a aplicar donde se encuentre ubicada la obra.

1.1.6 Responsabilidad del contratista

El Contratista será el responsable directo de la ejecución de las obras en las condiciones dispuestas en el contrato de obra, así como en las condiciones establecidas en los documentos que componen el proyecto. Este quedará obligado a la ejecución de la demolición y reconstrucción de las unidades de obra que puedan presentar deficiencias o que se encuentren

mal ejecutadas. No se admitirá como alegación para su incumplimiento que la Dirección Facultativa haya realizado un proceso de revisión y reconocimiento de la construcción correspondiente durante las visitas realizadas en obra ni que se hayan realizado abonos económicos en liquidaciones parciales.

1.1.7 Accidentes laborales

Será de obligado cumplimiento el Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción así como la demás legislación vigente que incida directa o indirectamente en la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios. Será responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud según lo dispuesto en el Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, la realización del control y seguimiento durante la totalidad de la fase de ejecución de la obra del Plan de Seguridad y Salud establecido por el Contratista.

1.1.8 Daños y perjuicios generados a terceros

El Contratista será el responsable directo de todos los accidentes que afecten tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las zonas colindantes por falta de experiencia o descuido. Recaerá por tanto a su cuenta, la responsabilidad de la realización del abono de las indemnizaciones pertinentes a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en la consecución de operaciones en la fase de ejecución de la obra. Asimismo, será el responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que puedan ser ocasionados a terceras personas como consecuencia de la realización de la obra, tanto en ella como en las zonas próximas a la misma, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como de los daños que hayan sido ocasionados por parte de los subcontratistas e industriales que intervengan en la realización de la obra. Las personas involucradas en la obra deberán de mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, de tipo: "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora que se encuentre en posesión de suficiente solvencia económica para la cobertura de la totalidad de los trabajos contratados. Esta póliza deberá de ser aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo sufrir una cancelación hasta el momento en que se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.9 Anuncios y carteles

Sin poseer una autorización previa por parte del Promotor, quedará prohibida la colocación en las obras ni en sus vallas periféricas más inscripciones o anuncios que los requeridos, acorde al régimen de los trabajos realizados y los exigidos por la policía local.

1.1.10 Copia de documentos

El Contratista, bajo su plena responsabilidad, tendrá derecho a realizar copias de los documentos que integran el Proyecto.

1.1.11 Suministro de materiales

Deberá de quedar claramente especificado en el Contrato la responsabilidad que pueda poseer el Contratista por su retraso en el plazo de finalización o en los plazos parciales fijados, como consecuencia de deficiencias imprevistas o retrasos en el suministro.

1.1.12 Causas de rescisión del contrato en obra

Se podrán considerar como causas suficientes para la rescisión del contrato las que se citan a continuación:

- La muerte o incapacitación del Contratista
- La quiebra económica del Contratista
- Las alteraciones del contrato por las causas que se citan a continuación:
 - o La modificación del proyecto de tal manera en que represente alteraciones sustanciales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de dichas modificaciones, represente un aumento superior al 20% del presupuesto inicialmente acordado.
 - o Las modificaciones que afecten a las unidades de obra, en el caso en que representen variaciones en más del 40% de las establecidas en proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra en caso de tratarse de un proyecto reformado.
- La suspensión de obra comenzada, siempre y cuando el plazo de suspensión haya excedido de un año y, siempre que por causas externas al Contratista no se pueda comenzar la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la fecha de adjudicación. En este caso, el reembolso de la fianza al Promotor deberá de ser inmediata.
- El caso de que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo que se estipulaba en el contrato firmado.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- El abandono de la obra sin razones correctamente justificadas con datos objetivos.

1.2 Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

A continuación, se procederá a la descripción de las disposiciones básicas a tener en cuenta en la ejecución de las obras, referidas a los trabajos, materiales y medios auxiliares a emplear, así como a los procesos de recepción de los edificios objeto del proyecto y de sus obras periféricas.

1.2.1 Accesos y vallados

El Contratista, por su propia cuenta, deberá disponer, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y, además, deberá de encargarse de realizar un mantenimiento óptimo durante la totalidad del tiempo de ejecución de la obra. El Director de Ejecución de la Obra podrá exigir en todo momento la modificación o mejora de los medios dispuestos.

1.2.2 Replanteo

El proceso de replanteo de las obras deberá de ser iniciado de forma presencial por parte del Contratista, señalando las referencias principales que se utilizarán como base de los posteriores replanteos. Los trabajos anteriormente mencionados deberán de correr a cargo del Contratista y estarán incluidos en su oferta económica. El replanteo deberá de ser sometido a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya expresado claramente su conformidad, se deberá de preparar el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañándola de un plano con el replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. En caso de la deficiencia o la omisión de este trámite, la responsabilidad recaerá sobre el Contratista.

1.2.3 Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El Contratista será el encargado de dar comienzo a las obras en el plazo estipulado en el contrato de obra. La ejecución de las obras deberá de realizarse de una manera adecuada para la realización de los trabajos dentro de los períodos parciales marcados, siguiendo este procedimiento se conseguirá que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato. Será de obligado cumplimiento por parte del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma clara y realizando la comunicación por escrito, con una antelación de al menos, tres días. El Director de Obra será el encargado de redactar el acta de comienzo de la obra y la deberán de suscribir en el mismo lugar, el día de comienzo de los trabajos las siguientes personas: el Director de la Ejecución de la Obra, el Promotor y el Contratista. Para formalizar el acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra deberá de comprobar que en la obra existe al menos una copia de los documentos que se citan a continuación:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su respectiva acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra concedida por el Ayuntamiento.
- Aviso previo a la Autoridad laboral competente efectuado por parte el Promotor.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo realizada por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean requeridas por parte de otras administraciones.

La fecha en la cual se formalice el acta de comienzo de la obra marcará el inicio de los plazos parciales y totales de ejecución de obra.

1.2.4 Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que sea requerido por parte de la Dirección Facultativa, el Contratista deberá de dar todas las facilidades para la realización de los trabajos que deban de ser realizados por parte de a las Subcontratas u otras Contratas que intervengan en la ejecución de la misma obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas que se puedan dar por la utilización de los medios auxiliares, los suministros de energía u otros conceptos. En caso de enfrentamiento entre las partes, todos ellos se tendrán que ceñir a lo marcado por parte de la Dirección Facultativa.

1.2.5 Ampliación del proyecto por causas imprevistas

Cuando sea necesaria la ampliación del Proyecto, por algún motivo imprevisto o por cualquier tipo de incidencia no contemplada en el proyecto inicial, no se deberán de interrumpir los trabajos, debiendo de continuar la ejecución del proyecto según las instrucciones de la Dirección Facultativa mientras se reescribe o se tramita el Proyecto modificado. El Contratista estará obligado a realizar las labores de ampliación y modificación, con el personal de su plantilla y sus medios materiales, cuando la Dirección de Ejecución de la Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente. El servicio brindado por parte del contratista deberá de ejecutarse por anticipado y el importe del mismo le será abonado en un presupuesto adicional o abonado directamente al mismo, de acuerdo con lo que sea más conveniente por ambas partes.

1.2.6 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El Contratista podrá recurrir al asesoramiento para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada por parte del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra,

según sus respectivos cometidos y atribuciones. Cuando se trate de realizar una interpretación, aclaración o modificación de los preceptos indicados en los correspondientes Pliegos de Condiciones o en las indicaciones de los planos, órdenes e instrucciones, se deberán de comunicar necesariamente por escrito al Contratista, estando este bajo obligación de la devolución de los originales o de las copias en todo caso, corroborando con su firma el estado de enterado. Esta firma deberá de figurar al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciban tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra. Cualquier reclamación realizada por parte del Contratista mostrando su desacuerdo a las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, tendrá que dirigirla, dentro del plazo marcado de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le deberá de aportar el correspondiente acuse de recibo, si éste le fuera solicitado.

1.2.7 Prorroga por causa de fuerza mayor

En el caso de acontecer a algún escenario que por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese dar comienzo a las obras, tuviese que suspenderlas o fuera incapaz de terminarlas en los plazos fijados en el contrato de obra, este contará con una prórroga temporal para su cumplimiento, en caso de que el Director de Obra así lo estimase en un informe favorable. Para la obtención de dicho informe, el Contratista deberá de exponer, en un escrito dirigido al Director de Obra, la causa por la cual quede imposibilitada la ejecución o la marcha al ritmo marcado de los trabajos y tratará de justificar y estimar el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

1.2.8 Responsabilidad de la dirección facultativa en retraso de obra

El Contratista no podrá utilizar como excusa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa en el caso de no haber cumplido los plazos de obras estipulados con el promotor, con excepción del caso en que, habiendo solicitado los documentos por escrito, no se le hubiesen proporcionado.

1.2.9 Trabajos defectuosos

El Contratista deberá de emplear materiales que cuenten con las garantías de cumplimiento de las condiciones exigidas en el proyecto, y quedará obligado a la realización de la totalidad de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado en el proyecto.

1.2.10 Vicios ocultos y defectos

El Contratista será el único responsable de los defectos y vicios ocultos que pueda llegar a tener la construcción, durante el periodo de tiempo comprendido entre la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E. Además, el Contratista será el responsable legal de cara a cualquier tipo de circunstancia que pueda derivar en un problema para la obra. En el caso de que el Director de Ejecución de la Obra tuviese razones justificadas para creer en la posibilidad de la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras, este tendrá el derecho y la obligación de ordenar la realización de los ensayos destructivos o no destructivos, que considere necesarios para evaluar o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, debiendo de dejar constancia del problema al Director de Obra. El Contratista deberá demoler, todas las unidades de obra mal ejecutadas. El importe en su totalidad de las acciones requeridas deberá de ser abonado por parte del Contratista además este deberá de asumir sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que haya sido abonada una fracción o la totalidad del importe económico de las obras que presentan problemas.

1.2.11 Procedencia de los materiales, aparatos y equipos utilizados

El Contratista contará de completa libertad para la elección de la procedencia, acorde a sus intereses o facilidades, de los materiales, aparatos y equipo que vayan a ser utilizados. Se exceptuarán aquellos casos en los se prescriba una procedencia concreta y unas características específicas. Antes de proceder al empleo, acopio y puesta en obra del material, el Contratista deberá de proporcionar obligatoriamente al Director de Ejecución de la Obra un listado completo de los materiales, aparatos y equipos que vayan a ser utilizados en la obra, en el que se especifiquen todas sus características técnicas, marcas, calidades, declaraciones de prestaciones, así como la procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.2.12 Presentación de muestras de productos

En caso de que sea demandado por parte del Director de Obra, el Contratista deberá de presentar con la antelación prevista en el calendario de obra las muestras de los materiales, aparatos y equipos.

1.2.13 Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones a emplear no fueran poseedoras de la calidad y de características técnicas marcadas en el proyecto, o cuando, a falta de su prescripción en el los documentos del proyecto, se demostrara que no son los adecuados para la ejecución de las labores asignadas, el Director de Obra, bajo la supervisión del Director de Ejecución de la Obra, deberá de dar la orden de su inmediata sustitución al Contratista por otros que sean capaces de satisfacer las condiciones marcadas y que sean adecuados al fin cual vayan a ser destinados. Si el Contratista no cumpliera en un plazo de 15 días hábiles a partir de la fecha de recepción, la orden de retirada de los materiales que no estén en condiciones, esta acción podrá ser realizada por parte del Promotor o la Propiedad con cargo al Contratista. En el caso de que los materiales o elementos adquiridos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, estos deberán de ser recibidos contando con la rebaja del precio que este determine, a no ser que el Contratista decida realizar la sustitución de los mismos por otros en condiciones óptimas de uso.

1.2.14 Gastos ocasionados por la realización de pruebas y ensayos

La cuantía total de los gastos originados por la realización de pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cuenta del Contratista. Todo ensayo que no resulte satisfactorio en su cumplimiento, no se realice por caso omiso del Contratista, o no ofrezca las garantías esperadas en su realización, podrá reiniciarse o en su caso, se podrán realizar nuevos ensayos o pruebas requeridas en el proyecto, a cuenta del Contratista y con la respectiva penalización esto podrá ser realizado tanto en los casos anteriores como en todas las obras complementarias o que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos mencionados anteriormente y que el Director de Obra considere necesarios.

1.2.15 Limpieza de las obras

Será de obligado cumplimiento por parte del Contratista mantener limpias y en condiciones de salubridad óptimas las obras y sus alrededores tanto de materias sobrantes como de escombros. Además, este será el encargado de retirar las instalaciones provisionales que sean innecesarias, así como la ejecución de todos los trabajos y la adopción de las medidas que sean oportunas para que la obra presente un buen aspecto.

1.3 Disposiciones sobre las recepciones de los edificios y obras anejas

1.3.1 Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra será el acontecimiento por el cual el Contratista, una vez finalizada la ejecución total de la obra, hará entrega de la misma al Promotor y deberá de ser aceptada por éste. La recepción podrá ser realizada con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o las fases completas y terminadas de la misma, dependiendo de lo que haya sido previamente establecido por ambas partes. La recepción deberá de tomar parte en un acta firmada, como mínimo, por el Promotor y el Contratista, haciendo constar los siguientes puntos:

- Las partes intervinientes.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de esta.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, en caso de haberlas, éstas deberán de quedar especificadas de manera clara y concisa, y se deberá de determinar el plazo en que deberán de quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los defectos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, sean exigidas al Contratista para asegurar sus responsabilidades legales.

1.3.2 Recepción provisional

El Director de Ejecución de la Obra deberá de comunicar al Promotor o a la Propiedad treinta días antes de la finalización de las obras, la proximidad de su terminación con la finalidad de poder concretar la fecha del acto de la Recepción Provisional de la obra. Esta deberá de realizarse con la intervención del Director de Obra, del Director de Ejecución de la Obra, la Propiedad y el Contratista. Asimismo, se deberá de convocar a los técnicos que hubiesen intervenido en la dirección o ejecución con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas. Deberá de practicarse un reconocimiento exhaustivo de las obras, tras este proceso se deberá de extender un acta con tantos ejemplares como intervinientes haya y deberá de quedar firmada por todos ellos. Desde esta fecha empezará a contar el plazo de garantía. En el caso en que las obras se hallasen en estado de ser admisión, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra. Cuando las obras no se encuentren en proceso de admisión, tendrá que dejar constancia en el Acta y serán extendidas las instrucciones oportunas al Contratista para así poder subsanar los defectos observados, se deberá de fijar un plazo de tiempo previamente acordado por las partes interesadas para subsanar los problemas observados, una vez haya expirado el tiempo acordado se deberá de efectuar otro reconocimiento para así poder proceder a la recepción provisional de la obra. Si el Contratista no hubiese efectuado las reparaciones correspondientes en el tiempo acordado, el contrato podrá declararse finalizado con la pérdida de la totalidad de la fianza.

1.3.3 Documentación final de la obra

El Director de Ejecución de la Obra, en asistencia del Contratista y de los técnicos intervinientes en la obra, redactará la documentación final de las obras, que será entregada al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos en la legislación actual.

1.3.4 Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Una vez realizado el proceso de recepción provisional de las obras, se procederá inmediatamente a la realización de su medición definitiva por el Director de Ejecución, con la

debida asistencia obligatoria del Contratista o de su representante legal. Una vez finalizado el proceso, se deberá de extender la certificación por triplicado que, aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá como documento oficial para efectuar el abono por parte del Promotor del saldo resultante exceptuando la cantidad retenida de fianza.

1.3.5 Plazo de garantía

El plazo de garantía estructural y de acabado superficial deberá de quedar estipulada en el contrato privado. Este periodo de tiempo nunca podrá ser inferior a seis meses.

1.3.6 Conservación de las obras recibidas temporalmente

Los gastos generados a consecuencia de la conservación de la obra durante el plazo de garantía comprendido entre la recepción provisional y definitiva, correrán a cuenta del Contratista. Si el edificio fuese previamente ocupado o utilizado por parte de la Propiedad antes de la recepción definitiva, los servicios de: guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cuenta de la Propiedad y las reparaciones que deban de ser realizadas por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, correrán a cuenta del Contratista.

1.3.7 Recepción definitiva

La recepción definitiva deberá de ser realizada una vez haya transcurrido el plazo de garantía, de igual manera y con las mismas formalidades que la recepción provisional. Será a partir de esta fecha cuando prescriba la obligación por parte del Contratista de reparar aquellos desperfectos relacionados con la conservación normal de los edificios, únicamente se mantendrán vigentes las responsabilidades asociadas a los vicios de la construcción o malas ejecuciones en la misma.

1.3.8 Prórroga del plazo de garantía

En caso de proceder al reconocimiento para el proceso de la recepción definitiva de la obra, y esta no se encontrase en las condiciones debidas, deberá de quedar aplazada la recepción definitiva y el Director de Obra tendrá que indicar nuevamente al Contratista los plazos actualizados y las formas en las que deberán de realizarse las obras de rehabilitación necesarias. En caso de no ejecutarse conforme a lo estipulado, el contrato podrá resolverse con la pérdida del concepto de la fianza.

1.3.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

Cuando haya finalizado el plazo de tiempo resuelto en el contrato de obra, el Contratista estará obligado a retirar de la obra, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones además de los medios auxiliares. Además, este estará obligado a director resolver los subcontratos que tuviese concertados y deberá de dejar la obra en condiciones tales que esta pueda ser reanudada nuevamente por otra empresa sin ningún tipo de problema. Las obras y trabajos terminados por completo se deberán de recibir provisionalmente con los trámites previamente establecidos. Una vez transcurrido el plazo de garantía, los trabajos se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente. Respecto a las obras y trabajos no especificados, pero en un estado de ejecución aceptable a juicio del Director de Obra, se deberá de efectuar una única y definitiva recepción.

2 Disposiciones Facultativas

2.1 Promotor

El Promotor será la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decidirá, impulsará, programará y financiará, mediante sus propios recursos o

con recursos ajenos, las obras de edificación para sí mismo o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título. Esta persona será la encargada de asumir la iniciativa de la totalidad del proceso de la edificación, promoviendo la realización de las gestiones necesarias para posibilitar la ejecución de la obra proyectada. Además, deberá de hacerse cargo de todos los costes relacionados con la obra. De acuerdo a la legislación vigente, a la figura del promotor se deberán de equiparar las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras equivalentes que sean los encargados de asumir la gestión económica de la ejecución de la edificación. En los casos en los que actúen como promotores las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas, estas se deberán de regirse acorde a la legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en las partes no contempladas en dicha legislación, por las disposiciones fijadas en la L.O.E.

2.2 Proyectista

El Proyectista será la persona o agente que, por demanda del promotor y en cumplimiento de la normativa técnica y urbanística correspondiente, redactará el proyecto. Esta persona podrá redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que complementarias al mismo. Estas labores podrán ser realizadas junto a otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste y siempre bajo la normativa vigente. Cuando el proyecto se conforme de proyectos parciales que conforme un proyecto total u otros documentos técnicos según lo establecido en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada proyectista deberá de asumir la titularidad de su proyecto de manera propia.

2.3 Contratista o Constructor

El Constructor o Contratista será el agente que asumirá, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con ayuda de medios humanos y materiales, propios o subcontratados, las obras o parte de las mismas de acuerdo con lo estipulado en el Proyecto y en el Contrato de obra. La ley señala como responsable directo de los vicios o defectos constructivos en la obra al contratista general, sin perjuicio del derecho o de repetición de éste hacia las subcontratas.

2.4 Director de Obra

El Director de obra será la persona que formará parte de la dirección facultativa, y dirigirá el correcto desarrollo de la obra en lo referido a los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, cumpliendo en todo momento con el proyecto de la obra, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, así como con las condiciones del contrato, con el objetivo de asegurar su adecuación al fin destinado. Las obras de los proyectos parciales podrán ser dirigidas por otros técnicos, bajo la coordinación y supervisión del Director de Obra.

2.5 Director de Ejecución de Obra

El Director de Ejecución de obra será la persona que, formará parte de la Dirección Facultativa y deberá de asumir las funciones técnicas de dirección de la ejecución material de la obra y de ejercer un control cualitativo y cuantitativo de la construcción y de la calidad de las partidas edificadas. Para ello será el Director de Ejecución de obra deberá de realizar el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez este haya sido elaborado por la persona competente encargada, debiendo solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas las aclaraciones necesarias además de las subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimará necesarios para poder dirigir de manera satisfactoria la ejecución de las obras.

2.6 Dirección Facultativa

La Dirección Facultativa estará formada por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra, de acuerdo a lo establecido en la L.O.E. En la Dirección Facultativa se deberá de integrar a un Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de ejecución de la obra, en caso de adjudicarse dicho trabajo a un facultativo distinto de los anteriormente mencionados, la Dirección Facultativa deberá de representar durante la fase de ejecución de obra los intereses del promotor debiendo de dirigir el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada uno de los técnicos partícipes en el proyecto.

2.7 Visitas facultativas

Las visitas facultativas se realizarán de forma presencial en la obra de manera individual o conjunta por cualquiera de las personas que forman la Dirección Facultativa. La cantidad de visitas no vendrá fijada y dependerá de los criterios y cometidos que cada agente estime oportuno, pudiendo variar dichas visitas en función de las necesidades específicas.

3 Disposiciones económicas

3.1 Definición

Las condiciones económicas fijarán el marco de legal para el abono de los costes y la recepción de la obra. Estas condiciones tendrán en todo momento un carácter subsidiario respecto al contrato de obra prestablecido entre las partes intervinientes siendo estas: Promotor y Contratista.

3.2 Contrato de obra

El Contrato de obra será recomendable que se firme entre el Promotor y el Contratista, antes del inicio de las obras, debiéndose evitar si existe la posibilidad de la realización de la obra por vía administrativa. La Dirección Facultativa deberá de ser poseedora de una copia del contrato de obra, para así poder certificar la obra y las instalaciones en los términos pactados. Únicamente se aconsejará la realización del contrato de obra por la vía administrativa en aquellas partidas de obra poco importantes y que sean difíciles de cuantificar, o cuando exista el deseo expreso de un tipo de acabado muy concreto. El contrato de obra deberá de contar con una previsión de la posibilidad de que se dieran interpretaciones y discrepancias entre las partes. Además, el contrato deberá de garantizar que la Dirección Facultativa pueda ejercer sus labores de coordinación, dirección y control en obra, por lo que es conveniente que queden claramente especificados como mínimo, los puntos que se detallan a continuación:

- Documentos necesarios aportados por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del solar y fechas de inicio de obras.
- Determinación de los gastos generados por los enganches y consumos energéticos de todo tipo.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca deben ser inferiores al 5%).
- Plazos de ejecución.
- Penalizaciones en caso de retraso de la obra.
- Fechas de recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios en caso de ser necesaria.

- Forma de pago: Certificaciones.

Puesto que este Pliego de Condiciones Económicas forma parte del contrato de obra, en caso de que no existiera dicho contrato, la Dirección Facultativa deberá de poner a disposición de las partes interesadas el presente Pliego de Condiciones Económicas que deberá de ser utilizado como base objetiva para la redacción del contrato de obra correspondiente.

3.3 Criterio General

Todos los agentes que quedan definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), y que sean intervinientes en el proceso de la construcción, poseerán el derecho de las recepciones de dinero correspondientes a las cuantías económicas devengadas por su correcta actuación de acuerdo a las condiciones contractuales establecidas en el contrato, pudiéndose exigir las garantías estimadas para el cumplimiento diligente de sus respectivas obligaciones en lo referente a los pagos.

3.4 Fianza

El Contratista deberá de presentar una cantidad económica en concepto de fianza de acuerdo al procedimiento estipulado en el contrato de obra teniendo en cuenta las siguientes casuísticas:

3.4.1 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista tomase la negativa de realizar por su propia cuenta los trabajos necesarios para la finalización de la obra en las condiciones acordadas en el contrato de obra, el Director de Obra, en representación del Promotor, deberá de encomendar la ejecución de las labores de ultimación de la obra a un tercero, o podrá realizarlos directamente por la vía administrativa, realizando el pago del importe generado por las labores no realizadas por el Contratista con la cuantía económica depositada en concepto de fianza, sin perjuicio de las acciones que posea en derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no fuese el suficiente para realizar el importe total de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

3.4.2 Devolución de las fianzas

Una vez firmada el Acta de recepción definitiva de la obra, en el caso de no existir ningún tipo de problema, la fianza recibida será devuelta íntegramente al Contratista en el plazo establecido en el contrato de obra. El Promotor estará en su derecho de exigir que el Contratista le acredite mediante un documento firmado la liquidación y el finiquito de sus deudas debidas a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

3.4.3 Devolución de la fianza en caso de efectuarse recepciones parciales

En caso de que el Promotor contando con la conformidad del Director de Obra, estuviese de acuerdo en la realización de recepciones parciales de las obras, el Contratista tendrá derecho a la recepción de la parte proporcional de la fianza inicialmente depositada.

3.5 Precios

El principal objetivo de la elaboración del presupuesto de la obra es anticipar el coste del proceso de construcción de la misma. Para la buena ejecución del presupuesto este se deberá de descomponer en unidades de obra, siendo este un componente menor que se contratará y certificará por separado, y basándose en los precios obtenidos, se deberá de realizar el cálculo del presupuesto.

3.6 Precio básico

El precio básico será el precio estipulado para cada una de las unidades (ud, kg, m, etc.) de los diferentes materiales utilizados en la obra incluyendo entre estos el transporte a obra, descarga en obra, embalajes, precios por hora de la maquinaria utilizada y de la mano de obra del personal cualificado.

3.7 Precio unitario

El precio unitario será el coste de cada una de las unidades de obra que se obtendrán como el sumatorio de los costes que se mencionan a continuación:

- Costes directos: Estos serán calculados como el sumatorio de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y demás materiales que sean necesarios para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra.
- Costes indirectos: Este tipo de coste se aplicará como un porcentaje del sumatorio de los costes directos y medios auxiliares, este será igual para cada unidad de obra debido a estos representarán los costes de los factores necesarios en la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en particular.
- Medios auxiliares: Estos costes serán representados como costes directos complementarios, calculados en formato de porcentaje de otros componentes, dado que estos son la representación de los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y de difícil cuantificación. Estos gastos serán variables en función de cada una de las unidades de obra.

En lo que a la composición de los precios se refiere, el vigente Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre) se establece que la composición y el cálculo de los precios de las unidades de obra se deberá de realizar en base al cálculo de los costes directos e indirectos que sean necesarios para la ejecución de las obras, sin la incorporación del importe del Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) que pueda aumentar la entrega de bienes o la prestación de servicios. Se considerarán costes directos los que se citan a continuación:

- La mano de obra que necesaria para la ejecución de una unidad de obra.
- Los materiales que conformen la unidad de que se trate o que sean necesarios para la ejecución de la misma.
- Los gastos generados a raíz de la contratación del personal, combustible, energía, etc., que sean necesarios para el funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de alquiler y conservación de la maquinaria e instalaciones requeridas.

Deberán de ser incluidos en el grupo de costes indirectos los siguientes gastos: Los generados a raíz de la instalación de oficinas móviles a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para personal, laboratorios, etc. Los gastos generados por la contratación del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos los gastos anteriormente mencionados a excepción de aquellos que se reflejen en el presupuesto valorados como unidades de obra o en partidas alzadas, se deberán de cifrar como un porcentaje de los costes directos. Este porcentaje será el mismo para todas las unidades de obra y deberá de ser adoptado por parte del proyectista en función de la naturaleza de la obra proyectada, la importancia de su presupuesto y de su plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada una de las unidades de obra, se deberán de localizar en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.', junto con la descripción de su respectivo proceso de ejecución de. En el caso en que no figurase alguna de las operaciones necesarias mencionadas anteriormente para su correcta ejecución, se sobreentenderá que esta, estará incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que, en caso de no aparecer, este hecho no supondrá ningún tipo de cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra inicialmente contratada. Para un mejor entendimiento de lo mencionado anteriormente, se exponen algunas operaciones, en las cuales se deberá de suponer que siempre forman parte del proceso de ejecución de las diferentes unidades de obra siendo algunos de los ejemplos los que se citan a continuación:

- El transporte de materiales en obra, así como su movimiento en la obra, teniendo en cuenta las operaciones de carga y descarga.
- Eliminación de y retirada de residuos a vertedero, limpieza de finalización de la obra.
- Transporte de escombros al respectivo vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Procesos de legalización, acreditación y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamios y medios auxiliares necesarios.

Los trabajos anteriormente mencionados, se considerarán siempre incluidos en dichos costes. Sin embargo, no se deberán de especificar en cada una de las unidades de obra.

3.8 Obras por administración

Se trata de aquellas obras en las cuales las gestiones que sean necesarias para su ejecución corran a cargo del Promotor, bien por sí mismo, por un representante legal con su autorización o por la mediación de un Contratista. Las obras por administración podrán ser clasificadas en dos modalidades diferentes:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regularán los siguientes conceptos:

- La liquidación.
- Se deberán de fijar las responsabilidades del Contratista en la contratación por parte de la administración en general y, en particular, la causada por el bajo rendimiento en el trabajo del personal de obra.
- El abono al Contratista de las cuentas de la administración delegada en cuestión.
- Las normas acordadas por las partes para la adquisición de los materiales y aparatos necesarios a emplear.

Pliego de condiciones particulares

Pliego de condiciones particulares

1	Prescripciones técnicas sobre los materiales.....	3
2	Garantía de calidad de un producto: Marcado CE.....	4
3	Hormigón.....	5
3.1	Hormigón estructural.....	5
3.1.1	Normativa aplicable.....	5
4	Aceros para hormigón armado.....	9
4.1	Aceros corrugados.....	9
4.1.1	Normativa aplicable.....	9
5	Aceros utilizados en las estructuras metálicas.....	11
5.1	Aceros en perfiles laminados.....	11
5.1.1	Normativa aplicable.....	11
6	Morteros.....	13
6.1	Tipologías de mortero utilizadas.....	13
6.1.1	Normativa aplicable.....	13
6.2	Morteros ejecutados en obra.....	13
7	Conglomerantes.....	14
7.1	Cemento.....	14
7.1.1	Normativa aplicable.....	14

Índice de figuras

Figura 1: Información marcado CE.....	5
---------------------------------------	---

1 Prescripciones técnicas sobre los materiales

Con tal de facilitar al Director de Ejecución de Obra los trabajos de control en la recepción en obra de los materiales a emplear, así como el control sobre los equipos y sistemas que deban de ser suministrados para la ejecución de la obra de acuerdo a lo estipulado en el artículo 7.2 del CTE, en el presente Pliego se procederá a especificar las características técnicas que obligatoriamente deberán de cumplir los productos, equipos y sistemas empleados. Los materiales anteriormente citados, deberán de cumplir las especificaciones y características que se mencionan en los documentos que conforman la totalidad del proyecto. Las calidades que deberán poseer los diferentes materiales empleados deberán estar en todo momento reguladas de acuerdo a las diferentes normas existentes. Estas normas, tendrán un carácter de complementario al presente apartado del Pliego de Condiciones Particulares. Los materiales empleados que estén en posesión de su respectivo Documento de Idoneidad Técnica Tendrán preferencia en cuanto a su idoneidad aquellos materiales que estén en posesión del Documento de Idoneidad Técnica emitido por un organismo reconocido, el cual avalará sus características técnicas. El proceso de control de recepción en obra de los diferentes productos, equipos y sistemas vendrá dado para cada uno de los casos según el artículo 7.2. del CTE:

- El proceso de control de la documentación de los suministros, se deberá realizar conforme a lo dispuesto en el artículo 7.2.1.
- El proceso de control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, conforme a lo dispuesto en el artículo 7.2.2.
- El proceso control mediante ensayos, conforme a lo dispuesto en el artículo 7.2.3.

Deberá de existir la obligación por parte del Constructor o Contratista de comunicar a los proveedores de productos las cualidades exigidas en el proyecto para cada uno de los materiales empleados. Será aconsejable que se solicite la aprobación por parte del Director de Ejecución, así como de los laboratorios y entidades encargados del control de calidad para el uso de los materiales recibidos en obra, previamente a su uso en la ejecución de la misma. El Contratista será el responsable directo de que todos los materiales empleados cumplan los requisitos mínimos exigibles en el proyecto, independientemente del control de calidad que se establezca para la aceptación de su puesta en obra. La procedencia de los materiales empleados en obra deberá de ser notificada, con la suficiente antelación, por parte del Contratista al Director de Ejecución de la Obra. Además, se deberán de aportar los datos y muestras de los productos necesarios cuando sea solicitado por el Director de Ejecución de la Obra, con el fin de tomar una decisión acerca de su aceptación o no para su puesta en obra. Estos materiales deberán de ser sometidos a un reconocimiento por parte del Director de Ejecución de la Obra antes de su puesta en obra, sin la aprobación de este, no podrán ser colocados en la obra. Una vez los materiales hayan sido colocados en obra, aquellos que presenten algún defecto no percibido en las inspecciones, deberán de ser retirados de la obra garantizando de esta manera un buen acabado en la misma. Todos los gastos ocasionados en las labores de reforma o remplazamiento de los materiales de la obra irán a cuenta del Contratista. En caso de que el Contratista decida subcontratar un servicio no le exculpará de su responsabilidad en caso de que este deba de ser reemplazado. La realización de una inspección o examen simple a alguna de las partidas por parte de los Técnicos intervinientes no supondrá en ningún caso la recepción absoluta de la misma, debiendo de ser los encargados de determinar la idoneidad de los materiales empleados los ensayos realizados por el personal técnico correspondiente. En ningún caso se eliminará la responsabilidad contractual del Contratista a estos efectos hasta la realización de la recepción definitiva de la obra.

2 Garantía de calidad de un producto: Mercado CE

Un producto de construcción por definición es cualquier producto fabricado para su incorporación, con una duración de carácter permanente, en las obras de edificación que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad de utilización.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.
- Protección contra el ruido.

Que un producto de construcción sea poseedor del mercado CE garantiza que:

- El producto está bajo cumplimiento de las especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- El producto cumple con el sistema de evaluación de la conformidad establecido por la correspondiente Decisión de la Comisión Europea.

El fabricante del producto correspondiente será el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria será la encargada de regular la correcta utilización de dicho mercado. El proceso de verificación de que los productos que son recibidos en obra están en posesión del mercado CE correrá a cargo del Director de la Ejecución de la Obra, en caso de que estos sean poseedores de dichos mercados, se deberá de controlar si estos cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/1992 por el que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/106/CEE.

El mercado CE se materializará mediante la aparición del símbolo “CE” en la etiqueta correspondiente al producto, dicha etiqueta irá acompañada de información complementaria al producto. El fabricante deberá cuidar de que el mercado CE esté presente, por orden de preferencia, en los siguientes lugares:

- En el producto.
- En la etiqueta adherida al mismo.
- En el envase o embalaje del mismo.
- En la documentación comercial que acompaña al respectivo producto.

Las letras que conforman el símbolo “CE” se realizarán según el dibujo que se muestra a continuación y deberán de tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm. Las letras del símbolo “CE” deberán de encontrarse situadas en cualquiera de las cuatro localizaciones posibles junto a las diferentes inscripciones complementarias que se citarán posteriormente, cuyo contenido vendrá especificado en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, las inscripciones complementarias serán las siguientes:

- Número de identificación del organismo notificado que otorga el mercado.
- Nombre comercial o la marca del fabricante.
- Dirección del fabricante.
- Nombre comercial o marca de la fábrica.
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el mercado en el producto.
- Número del certificado CE de conformidad cuando sea necesario.

- Número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias de ellas los números de las mismas.
- La designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada
- La información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas.

Las inscripciones complementarias del marcado CE mencionadas anteriormente no tendrán la obligación de poseer un formato, tipo de letra, color o composición especial, únicamente deberán de cumplir las características mencionadas anteriormente.

A continuación, se adjunta un ejemplo genérico de un marcado CE:

CE	Símbolo
0123	Nº de organismo notificado
Empresa	Nombre del fabricante
Dirección registrada	Dirección del fabricante
Fábrica	Nombre de la fábrica
Año	Dos últimas cifras del año
0123-CPD-0456	Nº del certificado de conformidad CE
EN 197-1	Norma armonizada
CEM I 42,5 R	Designación normalizada
Límite de cloruros (%)	Información adicional
Límite de pérdida por calcinación de cenizas (%)	
Nomenclatura normalizada de aditivos	

Figura 1: Información marcado CE: <https://www.coatqr.es/>

En ocasiones se podrá observar que alguna de las características del producto presenta las siglas (PND) cuyo significado se corresponde a: "Prestación no determinada". La opción PND es una clase que puede ser considerada en el caso de que un estado miembro no tenga unos requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no quiera facilitar el valor de esa característica acerca del producto.

3 Hormigón

Las especificaciones que se mencionan a continuación para el correcto uso y manipulación del hormigón estructural vendrán dadas de acuerdo a lo establecido en el EHE (Instrucción de Hormigón Estructural).

3.1 Hormigón estructural

3.1.1 Normativa aplicable

Dado que la masa de hormigón podrá estar compuesta por varios componentes; a continuación, se citan las normativas que deberá de seguir cada uno de los materiales que lo conforman siendo estos:

- Cemento: Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-16), Artículo 26 “Cementos” de la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08).
- Áridos: Artículo 28 “Áridos” de la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08).
- Agua: Artículo 27 “Agua” de la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08).
- Aditivos: Artículo 29 “Aditivos” de la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08), UNE-EN 934-2 “Aditivos para hormigones, morteros o pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado”.
- Adiciones: Artículo 30 “Adiciones” de la Instrucción del Hormigón Estructural, (EHE-08), UNE-EN 450-1 “Cenizas volantes para hormigón. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad”, UNE-EN 13263-1 “Humo de sílice para hormigón. Parte 1: Definiciones, requisitos y criterios de conformidad”
- Hormigón: Anejo 14 “Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras” de la Instrucción del Hormigón Estructural.

a) **Condiciones de suministro**

El hormigón estructural deberá de ser transportado utilizando en todo momento los procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de recepción en las condiciones requeridas, el producto no deberá de experimentar ninguna variación sensible en las características que posea inmediatamente después del proceso de amasado.

Cuando el hormigón haya sido sometido al proceso de amasado en central en su totalidad y se transporte en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá de exceder bajo ningún concepto del 80% del volumen total del tambor. En el caso en que el hormigón vaya a ser amasado, o se termine de amasar en una amasadora móvil, el volumen no deberá de exceder de los dos tercios del volumen total del tambor.

Los equipos que vayan a ser empleados en las labores de transporte deberán de estar libres de cualquier tipo de residuo de hormigón o mortero endurecido de labores anteriores, por lo que estos equipos se deberán de someter a un cuidadoso proceso de limpieza antes de proceder a la nueva carga de masa fresca de hormigón. Además de esto, los tambores no podrán presentar desperfectos o desgastes en las paletas de mezclado o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del producto final elaborado.

El transporte al lugar de uso podrá ser realizado con ayuda de amasadoras móviles, dicho transporte deberá de realizarse a la velocidad de agitación estipulada. Asimismo, el transporte podrá ser realizado en equipos con o sin agitadores, siempre que estos equipos tengan superficies lisas y redondeadas y posean la capacidad de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga del mismo.

Recepción y control

Previamente a la realización del pedido del hormigón se deberán de planificar una consecución de tareas, con el objetivo de facilitar las operaciones de puesta en obra del hormigón. Las tareas a realizar serán las que se citan a continuación:

- Preparación de los accesos y viales por los que transitarán los equipos de transporte dentro de la obra.
- Preparación para efectuar correctamente la recepción del hormigón previamente a la llegada del primer camión.

- Programación del vertido del producto de tal forma que tanto los descansos como los horarios de comida del personal no afecten a la puesta en obra del hormigón, se deberá presentar especial atención a los procesos de hormigonado de los elementos estructurales que no puedan presentar juntas frías. Esta programación deberá de ser comunicada a la central de fabricación para así poder adaptar el ritmo de suministro a las necesidades en obra.

Inspecciones

La carga de hormigón fabricado en central deberá de ir obligatoriamente acompañada de una hoja de suministro, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de la obra. La hoja de suministro correspondiente a cada una de las cargas deberá de estar en todo momento disponible para su consulta por parte de la Dirección de Obra. Se requerirá que como mínimo aparezcan los datos que se muestran a continuación:

- Nombre de la central de procedencia.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Fecha de entrega de la carga.
- Nombre del peticionario y del responsable legal de la recepción.
- Especificaciones y características del hormigón.

En el caso de que el hormigón sea designado por sus propiedades, deberán figurar los datos que se muestran a continuación:

- Designación.
- Relación de contenido de cemento en kilogramos por metro cúbico (kg/m³) de hormigón, con una tolerancia aceptable de entre ± 15 kg.
- Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia aceptable de entre $\pm 0,02$.

En el caso de que el hormigón sea designado según su dosificación, deberán figurar los datos que se muestran a continuación:

- Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
- Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de entre $\pm 0,02$.
- Tipo de ambiente.
- Tipo, clase y marca del cemento.
- Consistencia del hormigón.
- Tamaño máximo del árido.
- Tipo de aditivo, en caso de estar aditivado, y en caso negativo se deberá de aportar la indicación expresa de que no los contiene.
- Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice) si la hubiera y, en caso negativo, indicación expresa de que no los contiene.
- Designación específica del lugar de suministro de la masa (nombre y lugar).
- Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.
- Identificación del equipo de transporte y de la persona encargada de la descarga.
- Hora límite de puesta en obra del hormigón.

Ensayos

La comprobación de las propiedades y características exigibles al hormigón se deberán de realizar según la normativa vigente referida a este producto de construcción, en su caso deberán de realizarse de acuerdo a los estipulado en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Conservación, manipulación y almacenamiento

En los procesos de vertido y colocación de las masas de hormigón, incluyendo los casos cuando las operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones con las características contempladas en la normativa, se deberán de adoptar las debidas precauciones para evitar la heterogeneización de la mezcla.

Recomendaciones para su uso en obra

El tiempo que transcurra entre la adición de agua al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no deberá de ser superior, en ningún caso, ningún al tiempo prefijado de una hora y media. En caso de que las condiciones meteorológicas sen de tiempo caluros o se den unas condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior al citado para condiciones normales de secado. En el caso en que se adoptaran medidas especiales que, sin perjudicar a la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado, este tiempo podría ser el mencionado para las condiciones normales.

A continuación, se citarán las diferentes acciones que deberán de ser tomadas en caso de darse los casos que a continuación se mencionan:

Hormigonado en tiempo caluroso:

- Se deberá de suspender el proceso de hormigonado en caso de contar con temperaturas superiores a 40°C.
- Se deberá de suspender el proceso de hormigonado en caso de rachas de viento excesivas.
- Se podrá realizar el proceso de hormigonado en caso de que exista una autorización por parte de la Dirección de Obra y se adopten medidas especiales.

Hormigonado en tiempo frío:

- La temperatura de la masa de hormigón a la hora de su vertido no deberá de ser inferior a 5°C.
- Queda prohibido el vertido de hormigón sobre elementos (moldes, armaduras etc.) cuya temperatura sea inferior a 0°C.
- Se deberá de paralizar el proceso de hormigonado en caso de contar con una previsión meteorológica con antelación de 48 horas de temperaturas inferiores a 0°C.
- En el caso de que se deba de realizar el proceso de hormigonado en clima de heladas la Dirección de Obra deberá de garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento, no se produzcan deterioros ni mermas permanentes en los elementos correspondientes.

4 Aceros para hormigón armado

4.1 Aceros corrugados

4.1.1 Normativa aplicable

El material suministrado deberá de cumplir las normas que se citan a continuación:

- UNE 36099:1996 “Alambres Corrugados de acero para armaduras de Hormigón”.
- UNE 36092:1996 “Mallas Electrosoldadas de Acero para armaduras de Hormigón Armado”.
- UNE 36068:2011 “Barras corrugadas de acero soldable para uso estructural en armaduras de hormigón armado”.
- UNE 36065:2011 “Barras corrugadas de acero soldable con características especiales de ductilidad para armaduras de hormigón armado”.
- UNE-EN 10080:2006 “Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades”.
- UNE-EN 10020:2001 “Definición y clasificación de los tipos y grados de acero”.
- EHE-08. Instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

Condiciones de suministro

Los aceros se deberán de transportar protegidos de forma que no se vean afectados por la lluvia y las atmósferas ambientales agresivas.

Recepción y control

Las inspecciones que deberán de realizarse una vez se haya recibido el material serán las siguientes:

- Control de documentación: Los suministradores tendrán la obligación de entregar al Constructor los documentos de identificación del producto. La posesión de estos documentos vendrá exigida por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto. El Contratista será la persona encargada de facilitar estos documentos a la Dirección Facultativa. Los documentos anteriormente mencionados son los que se citan a continuación:
 - Documentos a entregar antes del suministro:
 - Los documentos de conformidad y las autorizaciones administrativas exigidas acorde a la normativa.
 - Documentos necesarios a entregar durante el suministro:
 - Hojas de suministro de cada una de las partidas o remesas
 - Marcado CE
 - Descripción de su composición química
 - Documentos necesarios a entregar después del suministro:
 - Certificado de garantía del proveedor sobre el producto suministrado, debiendo de estar firmado por una persona física con el suficiente poder interno dentro de la empresa.
- En la documentación presentada en obra además deberán de constar los siguientes datos:
 - Nombre del laboratorio o en caso de no tratarse de una entidad pública, presentar una declaración de acreditación para la realización de los ensayos referidos.

- Fecha de emisión del certificado.
- La clase técnica del producto deberá de quedar especificada con ayuda de un código identificador indicando el tipo de acero del que se trata mediante engrosamientos u omisiones de corrugas o grafilas. Las barras corrugadas deberán de llevar de manera obligatoria un grabado sobre su superficie donde se incluirá la información sobre el país de origen y el fabricante del producto.
- En el caso en el que el producto fuera suministrado en forma de rollo o proceda de operaciones de enderezado previas al suministro, deberá de aparecer explícitamente indicado en su hoja de suministro correspondiente.
- En el caso en que se precisen procedimientos especiales de soldadura, dadas las características del acero, el fabricante deberá de especificarlos.
- Control a través de distintivos de calidad:
 - Los suministradores deberán de hacer entrega de una copia compulsada por persona física de los certificados que avalen que los productos suministrados indicando que los materiales se encuentran en posesión de un distintivo de calidad reconocido oficialmente. La copia de los certificados será entregada al Constructor y este a su vez deberá de entregarlos a la Dirección Facultativa.
 - Antes del inicio del suministro de los productos, la Dirección Facultativa deberá de valorar, en función del nivel de garantía del distintivo y de acuerdo con lo establecido en el proyecto y lo indicado en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), si la documentación aportada por el proveedor es suficiente para la aceptación del producto suministrado o, en su contra, qué comprobaciones deberían de efectuarse para la determinación de su idoneidad.

Ensayos

- Las comprobaciones pertinentes referentes a las características y propiedades exigibles a este material deberán de ser realizadas según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- En el caso de la realización de ensayos a los materiales, los laboratorios de control deberán de facilitar los resultados de los mismos acompañados de la incertidumbre de medida del experimento para un determinado nivel de confianza. Además, en la documentación de los ensayos deberá de disponerse la información referente a las fechas, tanto de la entrada de las muestras en el laboratorio de pruebas como la fecha de la realización de los ensayos en los materiales.
- Los laboratorios y las entidades encargadas del control de calidad deberán de entregar los resultados de los ensayos realizados al agente encargado del pedido del material y obligatoriamente a la Dirección Facultativa de la obra.

Conservación, manipulación y almacenamiento

Durante el almacenamiento de los materiales, las armaduras de acero deberán de encontrarse correctamente protegidas frente a los fenómenos atmosféricos como la lluvia y de la agresividad de la atmósfera ambiental. Hasta el momento de utilización, estas deberán de ser

conservadas en la propia obra, debiendo de encontrarse cuidadosamente clasificadas según sus tipos, procedencias, diámetros y calidades, para garantizar la trazabilidad del material.

En el momento de utilizar un material que se ha visto sometido a un largo periodo de almacenamiento en obra, se deberá de llevar a cabo un examen sobre el estado de su superficie, con la finalidad de garantizar de que no presenta alteraciones físicas perjudiciales. En el caso en que se hubiese depositado una ligera capa de óxido en la superficie de las barras, esta podrá no ser considerada como perjudicial para su utilización en el caso en que no presente una pérdida de peso por oxidación superficial. Esta comprobación deberá de realizarse después de la limpieza con cepillo de alambres metálicos hasta la eliminación del óxido adherido garantizando que los óxidos no sean superiores al 1% respecto al peso inicial de la muestra.

Cuando las armaduras pasivas vayan a ser utilizadas, estas deberán de encontrarse exentas de la disposición de sustancias extrañas en su superficie tales como grasas de todo tipo, pinturas, aceites, polvo, tierra o cualquier otro material perjudicial para su óptima conservación o adherencia.

Los procesos de elaboración de armaduras mediante procesos de ferralla requerirán de unas instalaciones adecuadas al proceso que se deba de llevar a cabo. Las siguientes actividades requerirán de las instalaciones necesarias para cada una de las acciones a realizar:

- Almacenaje de los productos empleados
- Proceso de enderezado, en el caso de que se empleen aceros corrugados suministrados en formato de rollo.
- Procesos de doblado, soldado, corte y armado, según el caso que proceda.

Recomendaciones para su uso en obra

Para realizar una correcta prevención frente al riesgo de aparición de corrosión, se deberán de tener en cuenta todas las consideraciones relacionadas con los espesores de recubrimiento.

Respecto a la correcta utilización de los materiales empleados, quedará prohibido disponer las armaduras metálicas de forma que estas queden en contacto con otros metales cuyo potencial galvánico sea muy diferente al suyo propio.

Queda prohibido el empleo de componentes (agua, áridos, aditivos y/o adiciones) que contengan iones despasivantes, como cloruros, sulfuros y sulfatos, en proporciones superiores a las que se establecen en la norma.

5 Aceros utilizados en las estructuras metálicas

5.1 Aceros en perfiles laminados

5.1.1 Normativa aplicable

El material suministrado deberá de cumplir las normas que se citan a continuación:

- UNE-EN 10025-2:2020 "Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados".
- UNE-EN 10027-1:2017 "Sistemas de designación de aceros. Parte 1: Designación simbólica".
- UNE-EN 10025-2:2006 "Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados".

- UNE 36080:1990 “Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. condiciones técnicas de suministro”
- UNE 7051 “Ensayo de doblado de metales, a la temperatura ambiente”.
- UNE 7475-1:1992 “Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque sobre probeta Charpy. Parte 1: método de ensayo”.

Condiciones de suministro

Los aceros deberán de ser transportados de forma segura, garantizando en todo momento que no se produzcan deformaciones permanentes y que los daños superficiales generados en el proceso de transporte sean mínimos. Los componentes deberán de encontrarse correctamente protegidos frente a posibles daños que puedan darse en los puntos sujeción.

Los componentes prefabricados que vayan a ser almacenados deberán de encontrarse correctamente apilados por encima del nivel del terreno y garantizando que no hay ningún tipo de contacto directo con el mismo. Asimismo, deberán de evitarse bajo cualquier circunstancia las acumulaciones de agua en los materiales. Los componentes deberán de permanecer en todo momento colocados de tal forma que se eviten las deformaciones permanentes en los mismos, además; los componentes deberán de encontrarse en todo momento bajo unas condiciones de limpieza óptimas.

Recepción y control

Las tareas a realizar para la correcta recepción y control de los materiales en obra serán las que se citan a continuación.

Inspecciones

Las inspecciones que se deberán para los diferentes materiales de obra serán las siguientes:

- Para los productos planos:
 - o Salvo un acuerdo previo que determine lo contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a libre elección por parte del fabricante.
 - o En caso de que se solicite la previa inspección y ensayo del material, se deberá indicar:
 - Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
 - Tipo de documento de la inspección.
- Para los productos largos:
 - o Salvo un acuerdo previo que determine lo contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a libre elección por parte del fabricante.

Ensayos

Las labores de comprobación de las propiedades físicas, así como de las características exigibles al acero de los perfiles laminados deberá de ser realizada según lo establecido en la normativa vigente.

Conservación, manipulación y almacenamiento

En el caso en que los materiales permanezcan almacenados durante un largo periodo de tiempo, o en unas condiciones tales que pudieran haber sufrido un proceso de deterioro

importante, estos deberán de ser sometidos a una comprobación previa a su utilización en obra. La comprobación realizada deberá de garantizar que estos siguen cumpliendo con la normativa correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica podrán requerir de un chorreo ligero previamente a su empleo en obra con el fin de para proporcionarles una base uniforme para su posterior exposición a la intemperie.

El material deberá de quedar almacenado de acuerdo a las instrucciones fijadas por el fabricante, en caso de disponer de éstas.

Recomendaciones para su uso en obra

El material no deberá emplearse en obra bajo ningún concepto en caso de haberse superado el tiempo de vida útil de almacenaje especificado por el fabricante.

6 Morteros

6.1 Tipologías de mortero utilizadas

6.1.1 Normativa aplicable

El material suministrado deberá de cumplir las normas que se citan a continuación:

- UNE-EN 1015-11: 2000 “Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido”.
- UNE-EN 1015-12:2016: “Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 12: Determinación de la resistencia a la adhesión de los morteros de revoco y enlucido endurecidos aplicados sobre soportes”
- UNE-EN 13501-1:2007/A1:2010: “Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego”.
- EN-1745:2013 “Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar las propiedades térmicas”.
- UNE-EN 1504-3:2006 “Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 3: Reparación estructural y no estructural”.

6.2 Morteros ejecutados en obra

Condiciones de suministro

El material conglomerante (cemento o cal) deberá de ser suministrado de las siguientes maneras:

- En formato de sacos de papel o plástico, adecuados para que su contenido no sufra ningún tipo de alteración química.
- A granel, desde fábricas o centrales mediante instalaciones especiales de transporte y almacenamiento que garanticen la buena conservación del material en todo momento.
- La arena deberá de ser suministrada a granel, mediante instalaciones especiales de transporte y almacenamiento que puedan garantizar su buena conservación en las condiciones adecuadas.
- El agua deberá de ser de procedencia de un suministro desde la red de agua potable.

Recepción y control

Las tareas a realizar para la correcta recepción y control de los materiales en obra serán las que se citan a continuación.

Inspecciones

Si algún tipo de los morteros empleados en la ejecución de la obra necesitan equipamientos, procedimientos o tiempos de amasado especiales, estos deberán de quedar correctamente definidos por el fabricante. El tiempo de amasado se medirá a partir del momento en el que todos los componentes se hayan añadido a la masa.

Ensayos

La comprobación de las propiedades físicas o características de los morteros utilizados deberá de ser realizada según la normativa vigente.

Conservación, manipulación y almacenamiento

Los morteros deberán de encontrarse perfectamente protegidos frente al agua y el viento. En caso de que el material sufriera una exposición al viento, este vería reducido el número de finos que lo componen con lo cual de esta manera quedarían deterioradas sus características iniciales y, por tanto, no podría ser utilizado en obra. Se aconsejará el almacenaje de los morteros secos en silos preparados para ello.

Recomendaciones para su uso en obra

En el proceso de selección del tipo de mortero apropiado para las obras, se deberán de tener en cuenta algunas de sus propiedades como lo son: la resistencia al hielo y el contenido de sales solubles en las condiciones de servicio dadas teniendo en consideración grado de exposición y del riesgo de saturación del agua.

En presencia de condiciones climatológicas adversas, como lluvia, helada calor excesivo, se deberán de tomar las medidas oportunas con el fin de garantizar la protección de los operarios encargados de su puesta en obra.

Las labores de amasado de los morteros deberán de realizarse siempre que sea posible con ayuda de medios mecánicos. La mezcla deberá de ser sometida al proceso de batido, con un tiempo mínimo de un minuto, hasta conseguir una mezcla homogénea. Cuando el proceso de amasado deba ser realizado forma manual, el proceso se deberá de realizar sobre una plataforma impermeable y limpia, realizando un número mínimo de tres batidas.

El mortero deberá de ser utilizado en un tiempo no superior a las dos horas tras su amasado, debiendo de ser desechado una vez excedido este tiempo. En caso de necesidad, durante el proceso de amasado se le podrá agregar agua para compensar su pérdida de masa.

7 Conglomerantes

7.1 Cemento

7.1.1 Normativa aplicable

El material suministrado deberá de cumplir las normas que se citan a continuación:

- UNE-EN 197-1:2011 "Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes."

- UNE-EN 196-2:2014 “Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos”
- UNE 80217:1991 “Métodos de ensayo de cementos. Determinación del contenido de cloruros, dióxido de carbono y alcalinos en los cementos”.
- UNE-EN 196-3:2017 “Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen”.
- UNE-EN 196-9:2011 “Métodos de ensayo de cementos. Parte 9: Determinación del calor de hidratación. Método semiadiabático”.
- UNE-EN 196-8:2010 “Métodos de ensayo de cementos. Parte 8: Determinación del calor de hidratación. Método por disolución”.
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Artículo 26 “Cementos” de la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08)

Condiciones de suministro

El cemento se podrá suministrar por dos vías: a granel o envasado.

El cemento a granel deberá de ser transportado en vehículos, cubas o sistemas similares adecuados, con el hermetismo, seguridad y almacenamiento necesarios, de tal manera que el material no sufra alteraciones o pueda producirse contaminación del medio ambiente. Estos medios de transporte deberán de garantizar una buena conservación del material.

El cemento envasado deberá de ser transportado mediante el empleo de pallets o plataformas similares, para facilitar las acciones de carga y descarga del material, así como su manipulación permitiendo de esta manera una mejor manipulación evitando la rotura de envases.

En cuanto a las condiciones térmicas de suministro, el cemento no deberá de ser suministrado con temperaturas altas. Será recomendable que, en el caso de que su manipulación se vaya a realizar con ayuda de medios mecánicos, su temperatura no sea superior a 70°C, y si se realiza de forma manual, no supere los 40°C.

En los casos en que pueda aparecer el fenómeno de falso fraguado, deberá comprobarse previamente al empleo del mismo, si este presenta o no una tendencia favorable a experimentar dicho fenómeno.

Recepción y control

Las tareas a realizar para la correcta recepción y control de los materiales en obra serán las que se citan a continuación.

Inspecciones

El cemento deberá de estar provisto de su respectivo marcado CE.

En los procesos de entrega del cemento independientemente si este es expedido en los formatos a granel o envasado, el suministrador deberá de aportar un albarán en el que se incluirán, como mínimo, los siguientes datos:

- Número de referencia del pedido.
- Nombre, dirección y destino del comprador.
- Identificación del fabricante y de la empresa suministradora.

- Designación normalizada del cemento.
- Cantidad suministrada.
- Referencia a los datos del etiquetado correspondiente al marcado CE
- Fecha de suministro del material.
- Identificación del vehículo que lo transporta, aportando el número de matrícula.

Ensayos

La comprobación de las propiedades físicas o características exigibles de los cementos utilizados se deberá de realizar según la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).

Conservación, manipulación y almacenamiento

Los cementos suministrados a granel deberán de quedar almacenados en silos estancos evitando su mezcla o posible contaminación con otros cementos de diferente tipo o clase de resistencia. Los silos deberán de estar fabricados de tal forma que estos queden protegidos frente a la humedad; además, deberán de poseer un sistema o mecanismo de apertura para facilitar los procesos de carga desde los vehículos de transporte, en condiciones óptimas sin que se produzcan alteraciones del material.

El cemento envasado deberá de ser transportado mediante el empleo de pallets o plataformas similares evitando así las roturas de los embalajes. Estas plataformas deberán de estar almacenadas en locales cubiertos, ventilados y protegidas de las lluvias, así como de la exposición directa del sol. Se deberán de evitar las ubicaciones en las que los envases puedan quedar expuestos a la humedad.

Las instalaciones de almacenamiento, carga y descarga del cemento estarán provistas de los dispositivos adecuados para reducir al máximo las emisiones de polvo a la atmósfera.

Los periodos de almacenamiento del cemento no deberán de ser muy largos, aunque este permanezca en las condiciones idóneas debido a que el material puede sufrir un proceso de meteorización. El periodo máximo aconsejable de almacenamiento no deberá ser superior a los: tres meses, dos meses y un mes, respectivamente, para las clases resistentes 32,5, 42,5 y 52,5. En el caso en que por posibles incidencias el plazo de almacenamiento sea mayor al que anteriormente se ha recomendado, se tendrán que realizar las comprobaciones pertinentes con el fin de poder garantizar que las características del cemento son las adecuadas. La comprobación de las propiedades se deberá realizar en el periodo de los veinte días anteriores a su puesta en obra, debiendo de realizarse sobre una muestra representativa del cemento almacenado, los ensayos de determinación de principio y fin de fraguado y resistencia mecánica inicial a 7 días (si la clase es 32,5) o 2 días (para todas las demás clases). Cabe destacar que no se deberán de excluir en las pruebas realizadas, los terrones que hayan podido formarse en el tiempo de almacenaje.

Recomendaciones para su uso en obra

En el proceso de selección del cemento se deberá de garantizar que este sea el apropiado para cada uno de los usos en función del destino de puesta en obra, las condiciones de la obra y la clase de exposición ambiental del hormigón o mortero fabricado con él.

Las recomendaciones vendrán dadas para la fabricación de hormigones y morteros convencionales, quedando excluidos de las mismas los morteros especiales y los monocapa.

El comportamiento de los cementos podrá verse afectado por las condiciones que presenten en obra los productos que los contienen, entre estas condiciones, cabe destacar las siguientes:

- Los factores climáticos: temperatura, humedad relativa del aire y velocidad del viento.
- Los procedimientos de puesta en obra del hormigón o mortero: colocado en obra, prefabricado, proyectado, etc.
- Las clases de exposición ambiental.
- Los cementos que vayan a ser utilizados en presencia de sulfatos, deberán poseer la característica añadida de resistencia a sulfatos.
- En el caso de su uso en presencia de ambientes marinos sumergidos o zonas de carrera de mareas, los cementos deberán de presentar la característica adicional de resistencia al agua de mar.
- Cuando deban de ser empleados áridos susceptibles de producir reacciones álcali-árido, se deberán de utilizar cementos con un contenido de alcalinos menor al 0,60% en masa de material.
- En caso de que se requiera un mortero de color blanco, se utilizarán los cementos blancos.
- En el proceso de fabricación del hormigón, se recomienda utilizar el cemento de la menor clase resistente posible y compatible con la resistencia mecánica del hormigón que se desea obtener.

Presupuesto

Presupuesto parcial nº 1 Actuaciones previas

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
1.1	m2	Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.	18.000,000	0,33	5.940,00
1.2	m³	Carga de tierras procedentes de excavaciones, con medios mecánicos, sobre camión. Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, pero no incluye el transporte. Incluye: Carga de tierras. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado. Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.	100,000	2,12	212,00
Total presupuesto parcial nº 1 Actuaciones previas:					6.152,00

Presupuesto parcial nº 2 Movimiento de tierras

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
2.1	m3	Excavación a cielo abierto, en terrenos disgregados, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.	400,000	1,33	532,00
2.2	m³	Carga de tierras procedentes de excavaciones, con medios mecánicos, sobre camión. Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, pero no incluye el transporte. Incluye: Carga de tierras. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado. Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.	400,000	2,12	848,00
Total presupuesto parcial nº 2 Movimiento de tierras:					1.380,00

Presupuesto parcial nº 3 Cimentación

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.1	m3	Hormigón armado HA-25/B/40/IIa, de 25 N/mm ² ., consistencia blanda, T _{máx.} 40 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura (40 kg/m ³ .), vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE.	103,000	140,60	14.481,80
3.2	m2	Solera de hormigón armado de 10 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa, de central, i/vertido, curado, colocación y armado con # 15x15/6, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado.	800,000	10,73	8.584,00
Total presupuesto parcial nº 3 Cimentación:					23.065,80

Presupuesto parcial nº 4 Estructura

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.1	kg	<p>Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEB, colocado con uniones atornilladas en obra en obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje, pero no incluye las placas de anclaje de los pilares a la cimentación.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	9.765,380	2,72	26.561,83
4.2	kg	<p>Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE, colocado con uniones atornilladas en obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje, pero no incluye las placas de anclaje de los pilares a la cimentación.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	19.463,630	2,72	52.941,07
4.3	kg	<p>Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie R, colocado con uniones soldadas en obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje, pero no incluye las placas de anclaje de los pilares a la cimentación.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	301,960	2,72	821,33
Total presupuesto parcial nº 4 Estructura:					80.324,23

Presupuesto parcial nº 5 Cerramiento estructural

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
5.1	m2	Cubierta formada por panel de chapa de acero en perfil comercial, con 2 láminas prelacadas de 0,6 mm. con núcleo de espuma de poliuretano de 40 kg/m3. con un espesor total de 60 mm. sobre correas metálicas, i/p.p. de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en verdadera magnitud.	804,000	36,24	29.136,96
5.2	m2	Muro prefabricado de hormigón armado con placa pretensada tipo LC-14, sección rectangular de 15 cm. de ancho, fabricado con hormigón para armar de 40 N/mm2., árido 20 mm. monocapa gris, hasta 2,5 m. de altura, incluso p.p. de montaje con ayuda de grúa telescópica sobre camión, apeos y sellado de juntas con cordón de masilla caucho-asfáltica.	740,000	100,14	74.103,60
5.3	m²	Protección pasiva contra incendios de estructura metálica, mediante proyección neumática de mortero ignífugo, reacción al fuego clase A1, según R.D. 110/2008, compuesto de cemento en combinación con perlita o vermiculita, hasta formar un espesor mínimo de 17 mm y conseguir una resistencia al fuego de 90 minutos. Incluye: Limpieza y preparación de la superficie del perfil metálico. Protección de los elementos del entorno que puedan verse afectados durante los trabajos de proyección. Proyección mecánica del mortero. Criterio de medición de proyecto: Superficie resultante del desarrollo de los perfiles metálicos que componen la estructura, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, resultante del desarrollo de los perfiles metálicos que componen la estructura.	220,000	15,82	3.480,40
Total presupuesto parcial nº 5 Cerramiento estructural:					106.720,96

Presupuesto parcial nº 6 Seguridad y salud

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
6.1	ms	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseo en obra de 3,25x1,90x2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m. de aluminio anodizado, corredera, con reja y luna de 6 mm., termo eléctrico de 50 l.; placa turca, placa de ducha y lavabo de tres grifos, todo de fibra de vidrio con terminación de gel-coat blanco y pintura antideslizante, suelo contrachapado hidrófugo con capa fenólica antideslizante y resistente al desgaste, puerta madera en turca, cortina en ducha. Tubería de polibutileno aislante y resistente a incrustaciones, hielo y corrosiones, instalación eléctrica monofásica a 220 V. con automático. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.	2,000	196,60	393,20
6.2	ud	Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm., fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97.	10,000	3,37	33,70
6.3	m.	Alquiler m./mes de valla realizada con paneles prefabricados de 3.50x2,00 m. de altura, enrejados de 80x150 mm. y D=8 mm. de espesor, soldado a tubos de D=40 mm. y 1,50 mm. de espesor, todo ello galvanizado en caliente, sobre soporte de hormigón prefabricado separados cada 3,50 m., incluso accesorios de fijación, p.p. de portón, considerando un tiempo mínimo de 12 meses de alquiler, incluso montaje y desmontaje. s/ R.D. 486/97.	720,000	2,45	1.764,00
Total presupuesto parcial nº 6 Seguridad y salud:					2.190,90

Presupuesto parcial nº 7 Gestión de residuos

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
7.1	m³	<p>Canon de vertido por entrega de tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente entregado según especificaciones de Proyecto.</p>	400,000	2,25	900,00
7.2	m³	<p>Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 20 km.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p>	400,000	4,96	1.984,00
7.3	Ud	<p>Transporte de residuos inertes de hormigones, morteros y prefabricados producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	73,74	73,74

Presupuesto parcial nº 7 Gestión de residuos

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
7.4	Ud	<p>Transporte de residuos inertes plásticos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	134,96	134,96
7.5	Ud	<p>Transporte de residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	73,74	73,74
7.6	Ud	<p>Transporte de residuos inertes de papel y cartón, producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	101,24	101,24

Presupuesto parcial nº 7 Gestión de residuos

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
7.7	Ud	<p>Transporte de residuos inertes de madera producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	101,24	101,24
7.8	Ud	<p>Transporte de residuos inertes metálicos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	101,24	101,24
7.9	Ud	<p>Transporte de residuos inertes vítreos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	101,24	101,24

Presupuesto parcial nº 7 Gestión de residuos

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
7.10	Ud	<p>Transporte de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	132,38	132,38
7.11	Ud	<p>Transporte de residuos peligrosos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,0 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	314,76	314,76
7.12	m ³	<p>Transporte con camión de residuos vegetales producidos durante los trabajos de limpieza de solares, poda y tala de árboles, a vertedero específico, situado a 10 km de distancia.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, estimado a partir del peso y la densidad aparente de los diferentes materiales que componen los residuos, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de residuos realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p>	100,000	3,99	399,00
Total presupuesto parcial nº 7 Gestión de residuos:					4.417,54

Presupuesto de ejecución material

	Importe (€)
1 Actuaciones previas	6.152,00
2 Movimiento de tierras	1.380,00
3 Cimentación	23.065,80
4 Estructura	80.324,23
5 Cerramiento estructural	106.720,96
6 Seguridad y salud	2.190,90
7 Gestión de residuos	4.417,54
Total	224.251,43

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de DOSCIENTOS VEINTICUATRO MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Alcoy a 7 de junio de 2022
Graduado en Ingeniería mecánica

Carlos Oliver Verdú

Presupuesto (descomposició en precios unitarios)

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
3.1	<p>m3 Hormigón armado HA-25/B/40/IIa, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 40 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura (40 kg/m3.), vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial primera 0,260 h. 10,710 2,78</p> <p>Peón ordinario 0,260 h. 10,240 2,66</p> <p>Oficial 1ª Ferrallista 0,400 h. 10,710 4,28</p> <p>Ayudante- Ferrallista 0,400 h. 10,400 4,16</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Vibrador hormigón gasolina 75 mm 0,260 h. 2,250 0,59</p> <p>(Materiales)</p> <p>Hormigón HA-25/B/40/IIa central 1,100 m3 51,340 56,47</p> <p>Alambre atar 1,30 mm. 0,200 kg 1,200 0,24</p> <p>Acero corrugado B 500 S 43,200 kg 1,510 65,23</p> <p>(Resto obra) 0,09</p> <p>3% Costes indirectos 4,10</p>		
3.2	<p>m2 Solera de hormigón armado de 10 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa, de central, i/vertido, curado, colocación y armado con # 15x15/6, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial primera 0,060 h. 10,710 0,64</p> <p>Peón ordinario 0,060 h. 10,240 0,61</p> <p>Oficial 1ª Ferrallista 0,010 h. 10,710 0,11</p> <p>Ayudante- Ferrallista 0,010 h. 10,400 0,10</p> <p>(Materiales)</p> <p>Hormigón HA-25/B/20/IIa central 0,105 m3 50,580 5,31</p> <p>ME 15x15 A Ø 6-6 B500T 6x2.2 (2,663 kg/m2) 1,441 m2 2,520 3,63</p> <p>(Resto obra) 0,02</p> <p>3% Costes indirectos 0,31</p>		140,60
4.1	<p>4 Estructura</p> <p>kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEB, colocado con uniones atornilladas en obra en obra. Criterio de valoración económica: El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje, pero no incluye las placas de anclaje de los pilares a la cimentación. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª montador de estructura metálic... 0,024 h 21,770 0,52</p> <p>Ayudante montador de estructura metálica. 0,024 h 21,480 0,52</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Equipo y elementos auxiliares para soldad... 0,017 h 3,260 0,06</p> <p>(Materiales)</p> <p>Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en pe... 1,000 kg 1,490 1,49</p> <p>(Resto obra) 0,05</p> <p>3% Costes indirectos 0,08</p>		10,73
			2,72

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
4.2	<p>kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE, colocado con uniones atornilladas en obra. Criterio de valoración económica: El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje, pero no incluye las placas de anclaje de los pilares a la cimentación. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra) Oficial 1ª montador de estructura metálic... 0,024 h 21,770 0,52 Ayudante montador de estructura metálica. 0,024 h 21,480 0,52</p> <p>(Maquinaria) Equipo y elementos auxiliares para soldad... 0,017 h 3,260 0,06</p> <p>(Materiales) Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en pe... 1,000 kg 1,490 1,49</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos 0,08</p>		
4.3	<p>kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie R, colocado con uniones soldadas en obra. Criterio de valoración económica: El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje, pero no incluye las placas de anclaje de los pilares a la cimentación. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra) Oficial 1ª montador de estructura metálic... 0,024 h 21,770 0,52 Ayudante montador de estructura metálica. 0,024 h 21,480 0,52</p> <p>(Maquinaria) Equipo y elementos auxiliares para soldad... 0,017 h 3,260 0,06</p> <p>(Materiales) Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en pe... 1,000 kg 1,490 1,49</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos 0,08</p>		2,72
	5 Cerramiento estructural		2,72

Cuadro de precios nº 2				
Nº	Designación	Importe		
		Parcial (Euros)	Total (Euros)	
5.1	<p>m2 Cubierta formada por panel de chapa de acero en perfil comercial, con 2 láminas prelacadas de 0,6 mm. con núcleo de espuma de poliuretano de 40 kg/m3. con un espesor total de 60 mm. sobre correas metálicas, i/p.p. de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en verdadera magnitud.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial primera 0,230 h. 10,710 2,46</p> <p>Ayudante 0,230 h. 10,400 2,39</p> <p>(Materiales)</p> <p>Panel chapa pre.2 c. 50 e.poliu. 1,150 m2 26,290 30,23</p> <p>Tornillería y pequeño material 1,000 ud 0,100 0,10</p> <p>3% Costes indirectos 1,06</p>			
5.2	<p>m2 Muro prefabricado de hormigón armado con placa pretensada tipo LC-14, sección rectangular de 15 cm. de ancho, fabricado con hormigón para armar de 40 N/mm2., árido 20 mm. monocapa gris, hasta 2,5 m. de altura, incluso p.p. de montaje con ayuda de grúa telescópica sobre camión, apeos y sellado de juntas con cordón de masilla caucho-asfáltica.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial primera 0,250 h. 10,710 2,68</p> <p>Ayudante 0,250 h. 10,400 2,60</p> <p>Peón ordinario 0,125 h. 10,240 1,28</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Grúa telescópica s/camión 20 t. 0,200 h. 41,800 8,36</p> <p>Puntal telescópico 3m., 1,5 t. 0,010 ud 11,820 0,12</p> <p>(Materiales)</p> <p>Masilla caucho-asfáltica 1,100 kg 2,990 3,29</p> <p>Panel autoport.LC-14 h<=2,5m. 1,000 m2 78,890 78,89</p> <p>3% Costes indirectos 2,92</p>			36,24
5.3	<p>m² Protección pasiva contra incendios de estructura metálica, mediante proyección neumática de mortero ignífugo, reacción al fuego clase A1, según R.D. 110/2008, compuesto de cemento en combinación con perlita o vermiculita, hasta formar un espesor mínimo de 17 mm y conseguir una resistencia al fuego de 90 minutos.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación de la superficie del perfil metálico. Protección de los elementos del entorno que puedan verse afectados durante los trabajos de proyección. Proyección mecánica del mortero.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie resultante del desarrollo de los perfiles metálicos que componen la estructura, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, resultante del desarrollo de los perfiles metálicos que componen la estructura.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª aplicador de productos aislant... 0,230 h 19,930 4,58</p> <p>Ayudante aplicador de productos aislantes. 0,230 h 18,920 4,35</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Mezcladora-bombeadora para morteros y yes... 0,230 h 8,520 1,96</p> <p>(Materiales)</p> <p>Mortero ignífugo, reacción al fuego clase... 0,017 m³ 245,000 4,17</p> <p>(Resto obra) 0,30</p> <p>3% Costes indirectos 0,46</p>			100,14
	6 Seguridad y salud			15,82

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
6.1	<p>ms Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseo en obra de 3,25x1,90x2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m. de aluminio anodizado, corredera, con reja y luna de 6 mm., termo eléctrico de 50 l.; placa turca, placa de ducha y lavabo de tres grifos, todo de fibra de vidrio con terminación de gel-coat blanco y pintura antideslizante, suelo contrachapado hidrófugo con capa fenólica antideslizante y resistente al desgaste, puerta madera en turca, cortina en ducha. Tubería de polibutileno aislante y resistente a incrustaciones, hielo y corrosiones, instalación eléctrica monofásica a 220 V. con automático. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.</p> <p>(Mano de obra) Peón ordinario 0,085 h. 10,240</p> <p>(Materiales) Alq. caseta pref. aseo 3,25x1,90 1,000 ud 70,000 Transp.200km.ent.r.y rec.1 módulo 0,250 ud 480,000 3% Costes indirectos 5,73</p>		
6.2	<p>ud Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm., fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97.</p> <p>(Mano de obra) Peón ordinario 0,150 h. 10,240</p> <p>(Materiales) Placa informativa PVC 50x30 0,333 ud 5,200 3% Costes indirectos 0,10</p>		196,60
6.3	<p>m. Alquiler m./mes de valla realizada con paneles prefabricados de 3.50x2,00 m. de altura, enrejados de 80x150 mm. y D=8 mm. de espesor, soldado a tubos de D=40 mm. y 1,50 mm. de espesor, todo ello galvanizado en caliente, sobre soporte de hormigón prefabricado separados cada 3,50 m., incluso accesorios de fijación, p.p. de portón, considerando un tiempo mínimo de 12 meses de alquiler, incluso montaje y desmontaje. s/ R.D. 486/97.</p> <p>(Mano de obra) Ayudante 0,050 h. 10,400 Peón ordinario 0,050 h. 10,240</p> <p>(Materiales) Alquiler valla enrejado móvil 1,000 m. 1,350 3% Costes indirectos 0,07</p>		3,37
7.1	<p>7 Gestión de residuos</p> <p>m³ Canon de vertido por entrega de tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado. Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente entregado según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria) Canon de vertido por entrega de tierras p... 1,000 m³ 2,140</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos 0,07</p>		2,45
			2,25

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
7.2	<p>m³ Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 20 km.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria) Camión basculante de 20 t de carga, de 21... 0,100 h 47,300</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos</p>	4,73 0,09 0,14	
7.3	<p>Ud Transporte de residuos inertes de hormigones, morteros y prefabricados producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria) Carga y cambio de contenedor de 1,5 m³, p... 1,000 Ud 70,190</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos</p>	70,19 1,40 2,15	4,96
7.4	<p>Ud Transporte de residuos inertes plásticos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria) Carga y cambio de contenedor de 1,5 m³, p... 1,000 Ud 128,460</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos</p>	128,46 2,57 3,93	73,74
			134,96

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
7.5	<p>Ud Transporte de residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria) Carga y cambio de contenedor de 1,5 m³, p... 1,000 Ud 70,190</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos</p>	70,19 1,40 2,15	
7.6	<p>Ud Transporte de residuos inertes de papel y cartón, producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria) Carga y cambio de contenedor de 1,5 m³, p... 1,000 Ud 96,360</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos</p>	96,36 1,93 2,95	73,74
7.7	<p>Ud Transporte de residuos inertes de madera producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria) Carga y cambio de contenedor de 1,5 m³, p... 1,000 Ud 96,360</p> <p>(Resto obra) 3% Costes indirectos</p>	96,36 1,93 2,95	101,24
			101,24

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
7.8	<p>Ud Transporte de residuos inertes metálicos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Carga y cambio de contenedor de 1,5 m³, p... 1,000 Ud 96,360</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos</p>		
		96,36	
		1,93	
		2,95	
			101,24
7.9	<p>Ud Transporte de residuos inertes vítreos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Carga y cambio de contenedor de 1,5 m³, p... 1,000 Ud 96,360</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos</p>		
		96,36	
		1,93	
		2,95	
			101,24
7.10	<p>Ud Transporte de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el canon de vertido por entrega de residuos.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Maquinaria)</p> <p>Carga y cambio de contenedor de 1,5 m³, p... 1,000 Ud 126,000</p> <p>(Resto obra)</p> <p>3% Costes indirectos</p>		
		126,00	
		2,52	
		3,86	
			132,38

Bibliografía

Bibliografía

- Álvarez, R. A. (2004). *La estructura metálica hoy por Ramón Argüelles Álvarez*. Madrid: Librería Técnica Bellisto.
- Ayuntamiento de Alcoy. (1989). *Plan General de Ordenación Urbana (PGOU)*.
- F., A. B. (2021). La geografía española del hidrógeno. *Energías Renovables*, 40-42.
- GIZ, A. E. (2021). *Estudio de prefactibilidad técnica y económica de la producción de hidrógeno verde mediante electrólisis para la entidad Espinos SA*. Santiago de Chile.
- Gozálvez, J. J. (2002). *Teoría y Proyecto de Estructuras Metálicas*. UPV.
- Ministerio de Fomento. (2007). *Código técnico de la edificación Documento Básico Seguridad estructural Acero (CTE DB-SE-A)*.
- Ministerio de Fomento. (2009). *Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad estructural Acciones en la edificación (CTE DB-SE-AE)*.
- Ministerio de Fomento. (2009). *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)*.
- Ministerio de Fomento. (2010). *Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)*.
- Ministerio de Fomento. (2011). *Instrucción de Acero Estructural (EAE)*.
- Ministerio de Fomento. (2019). *Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad estructural (CTE DB-SE)*.
- Ministerio de Fomento. (2019). *Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad estructural Cimientos (CTE DB-SE-C)*.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2004). *Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI)*.
- Trinomics B.V. (2020). *Opportunities for Hydrogen Energy Technologies Considering the National & Climate Plans*. Rotterdam.
- Apuntes de las asignaturas del Área de Mecánica de Medios Continuos y Estructuras y Construcciones industriales.
- Asociación Española del Hidrógeno (AeH2)
- Instituto Valenciano de la Competitividad Empresarial (IVACE)
- La imagen de los perfiles metálicos HEB han sido obtenidas a través de la web: (<https://www.construmatica.com/>).
- Las imágenes e información referentes al panel sándwich a instalar se han obtenido a través de la web: (<https://www.panelsandwich.com/>).
- La imagen referentes al proceso de electrólisis del agua se han obtenido a través de la web: (<https://fisquiweb.es/>).

Las imágenes referentes al panel sándwich se han obtenido a través de la web: (<https://www.panelsandwich.com/>).

Las imágenes referentes a los paneles de hormigón se han obtenido a través de la web: (<http://www.prefabricadosalve.com/>).

La imagen referente al ejemplo genérico del marcado CE se ha obtenido a través de la web: (<https://www.coaatgr.es/>).

Las imágenes referentes a la información catastral se han obtenido a través de la web: (<https://www.sedecatastro.gob.es/>).

Las imágenes referentes a las figuras satelitales del emplazamiento del edificio se han obtenido a través de la web: (<https://www.google.com/intl/es-419/earth/>).