



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON
ALTILLO, CON UNA SUPERFICIE DE 1960 M²
SITO EN PATERNA (VALENCIA)

AUTOR: Martínez Fernández, Carles

TUTOR: Saura Arnau, Héctor

COTUTOR: Cano Hurtado, Juan Jaime

CURSO: 2014-2015



ÍNDICE DE DOCUMENTOS:

Documento 1: MEMORIA

Documento 2: ANEXOS

Documento 3: PRESUPUESTO

Documento 4: PLANOS



DOCUMENTO 1

MEMORIA

ÍNDICE

1	OBJETO DEL TRABAJO	2
2	INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA	2
2.1	ANTECEDENTES.....	2
2.2	MOTIVACIÓN	3
3	NORMATIVA APLICADA.....	3
4	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	4
5	REQUERIMIENTOS ESPACIALES.....	7
5.1	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	7
5.1.1	<i>Diagrama relacional de actividades.....</i>	<i>9</i>
5.1.2	<i>Diagrama relacional de espacios.....</i>	<i>10</i>
5.1.3	<i>Alternativas encontradas.....</i>	<i>11</i>
5.1.4	<i>Conclusiones.....</i>	<i>12</i>
5.1.5	<i>Replanteo.....</i>	<i>12</i>
6	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	14
6.1	ACTUACIONES PREVIAS.....	14
6.2	CIMENTACIÓN	14
6.2.1	<i>Excavación de las zapatas.....</i>	<i>15</i>
6.2.2	<i>Regularización del terreno</i>	<i>15</i>
6.2.3	<i>Zapatas.....</i>	<i>16</i>
6.2.4	<i>Vigas de atado</i>	<i>16</i>
6.3	ESTRUCTURA	17
6.3.1	<i>Pórtico interior</i>	<i>18</i>
6.3.2	<i>Pórtico fachada.....</i>	<i>19</i>
6.3.3	<i>Sistema a contraviento</i>	<i>21</i>
6.3.4	<i>Correas.....</i>	<i>23</i>
6.3.5	<i>Altillo.....</i>	<i>25</i>
6.4	ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	26
6.4.1	<i>Cerramientos.....</i>	<i>26</i>
6.5	INSTALACIONES.....	28
6.6	MATERIALES.....	29
6.6.1	<i>Acero.....</i>	<i>29</i>
6.6.2	<i>Hormigón</i>	<i>30</i>
7	RESUMEN PRESUPUESTO	31

1 OBJETO DEL TRABAJO

El presente trabajo persigue el objetivo de diseñar una nave industrial de 1960 m², con altillo, situada en la ciudad de Paterna (Valencia). Basado en los conocimientos adquiridos en Construcción industrial y Estructuras, el proyecto abarca desde el cálculo de la estructura de la nave, hasta el diseño de los cimientos y cerramientos. Para ello se ha hecho uso del programa de CYPE 2015, basado en el cálculo matricial.

2 INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

El Greco es una bodega fundada en 1923 y radicada en Manzaneque (Toledo), se dedica a la fabricación de vinos de autor y con denominación de origen Castilla la Mancha, a partir de viñedos propios, desde viñas centenarias de uva tinta tempranillo a variedades como la uva garnacha, que ha sido adoptada en los últimos años debido al auge de los vinos españoles y concretamente de esta variedad en el continente asiático. Es por ello que en vista del mercado que empezaba a abrirse en Asia, la empresa decidió apostar, hace ya 10 años, por el cultivo de uva garnacha en los viñedos de Toledo.

En septiembre de 2010, La bodega firma un contrato de exportación a Japón, gracias a la elaboración de un vino propio que mezcla las variedades tempranillo y garnacha. Y en febrero de 2012 se suma un contrato con China para la exportación del mismo vino, que la bodega situada en Toledo no puede asumir. Por lo que la empresa decide realizar una ampliación de la industria situando una nueva bodega en Valencia. El Greco se decide por este emplazamiento gracias a la cercanía del puerto y porque en esta Comunidad al igual que sucede con Castilla la Mancha, está recomendado el cultivo de la variedad de vid Garnacha según la Orden APA/1819/2007, de 13 de junio, sobre la clasificación de las variedades de vid, del Real Decreto 1472/2000, de 4 de agosto, por el que se regula el potencial de producción vitícola.

En febrero de 2015, la empresa nos encarga proyectar la nave industrial que se ubicará en el sector 1 del polígono industrial de la Fuente del Jarro de Paterna (Valencia), y se encargará de la producción y de la exportación tanto a Japón como China. Focalizando de este modo la producción de vino de autor y con denominación de origen Castilla la Mancha a la bodega de Toledo y toda la producción de vino para exportación, a la bodega de Valencia.

En el presente trabajo queda detallado todo el proceso constructivo, teniendo en cuenta los requerimientos de la industria citada.

2.2 Motivación

El presente trabajo es el último trámite para la obtención del título de Ingeniero en Nuevas Tecnologías Industriales. La elección del mismo se fundamenta en el gran interés del alumno por esta rama de la ingeniería y en el reto que le supone la realización de un proyecto real de la materia en la que pretende especializarse. Una vez superado quedará posibilitada la entrada al máster en ingeniería industrial y con ello, el objetivo perseguido, la opción de elegir en segundo curso la especialización en construcción.

3 NORMATIVA APLICADA

La normativa sobre la que se ha basado el desarrollo del proyecto, corresponde a la aplicación de una serie de documentos base comprendidos en el marco del Real Decreto 413/2006, del 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE) y da cumplimiento a los requisitos básicos de la edificación, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad, la sostenibilidad de la edificación y la protección del medio ambiente. Con el fin de ser acordes a la norma, se han aplicado más específicamente los documentos base siguientes:

- DB SE Seguridad Estructural.
- DB SE-AE Seguridad Estructural de acciones en la Edificación.
- DB SE-C Seguridad Estructural del Cimiento.
- DB SE-A Seguridad Estructural del Acero.

En lo que respecta al hormigón, se ha aplicado la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), aprobada en el Real Decreto 1247/2008.

Para el planteo de la parcela se ha hecho uso de las Ordenanzas Regulatoras del Sector 1 de Suelo Urbanizable del P.G.O.U. de Paterna, cumpliendo así con la Ley Reguladora de la Actividad Urbanística de la Generalitat Valenciana (L.R.A.U.), en lo relativo a este sector del Polígono de la Fuente del Jarro.

4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La nave industrial de la cual es objeto este proyecto, se va a situar en la población de Paterna (Valencia) situada a 5 km al noroeste de la Capital de provincia, formando parte de la Comarca de l'Horta y a una altitud sobre el nivel del mar de 70m. El polígono industrial elegido es el Polígono Industrial Fuente del Jarro, que se puede apreciar en la imagen siguiente:



Ilustración 1. Situación Polígono Industrial Fuente del Jarro (Paterna)

En concreto, el sector donde se va a emplazar la nave es el Sector 1 de la zona Dextro de este polígono, remarcada en amarillo y apreciable en la imagen que sigue:



Ilustración 2. Localización del Sector 1 del Polígono Fuente del Jarro.

Se ha elegido este emplazamiento, debido a que el puerto natural correspondiente al mercantil El Greco, es el puerto de Valencia y a que se pretende comprar la vida de la población de Ceste.

La conexión entre la bodega de Toledo y la de Valencia se puede realizar a través de la A-3, A-3 y CM-42 ó A-3 y CM-40. Las separa una distancia de 360 km y tres horas y media de trayecto. Esta ruta será utilizada para transportar el excedente de Uva de Toledo a Valencia:

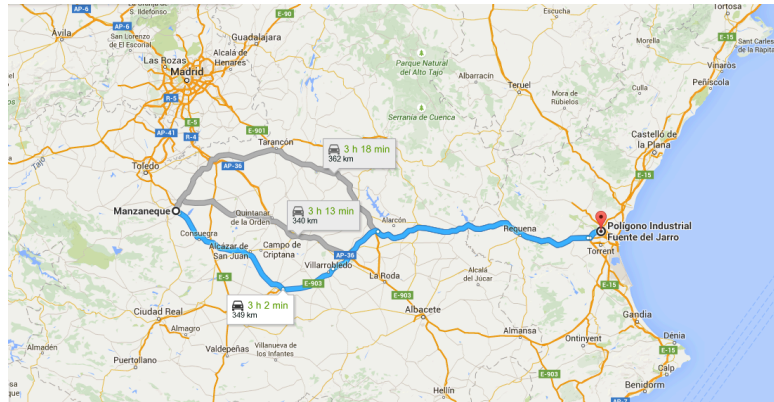


Ilustración 3. Conexión vial Toledo-Valencia.

Mientras que el proveedor principal se encuentra en Cheste (Valencia), con conexión directa con el Polígono de la Fuente del Jarro a través de la AP-7, CV-50 y CV-45:

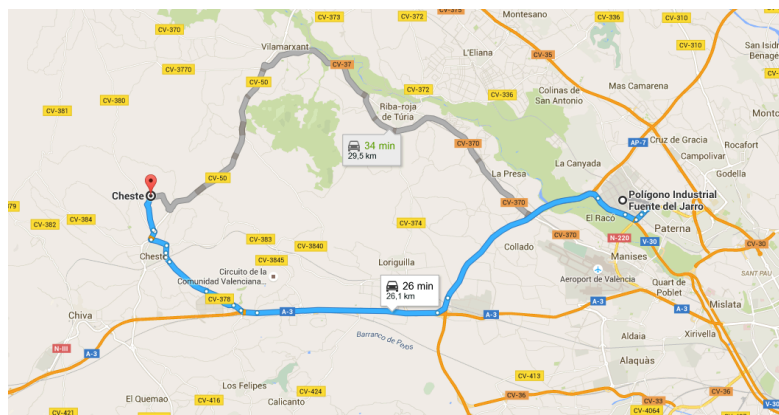


Ilustración 4. Conexión vial Cheste-Paterna.

Finalmente la parcela elegida es la parcela 11-4 del Sector 1 del Polígono Industrial de la Fuente del Jarro (Paterna). Linda con tres calles C/ Algepser, C/ Oller i C/ Velluter, por lo que se tiene una buena accesibilidad a la parcela. Consta de una superficie total de 4478 m², con una longitud de 90 m y un ancho de 49.75 m. En la siguiente imagen se puede apreciar el enclave concreto:

En cuanto a la superficie mínima de parcela, encontramos una clasificación en tres grados (A, B, C) dentro del PGOU de Paterna en función del área :

Grado A : Superficie > 1000 m².

Grado B: Superficie > 3000 m² (correspondiente a nuestro caso).

Grado C: Superficie > 10000 m².

Actualmente la parcela se encuentra libre de cualquier construcción y sin ningún tipo de acondicionamiento del terreno.

5 REQUERIMIENTOS ESPACIALES

En este apartado se va a proceder a realizar el replanteo de la nave y la distribución en planta de la misma, que vendrá definida por los requerimientos del proceso productivo y el PGOU del polígono industrial de la fuente del jarro de Paterna.

5.1 Distribución en planta

El objeto de este proyecto es la nave industrial realizada para El Greco, que consta de 28m de luz y 70m de profundidad, con una altura de cumbrera de 10m.

Dado que la nave se realiza con el fin de albergar una bodega de vino en su interior, los requerimientos espaciales son muy específicos, puesto que una bodega precisa de las siguientes etapas: Recepción, Desapillado/estrujado, Evacuación de raspones, Encubado de maceración, Encubado de fermentación, Filtrado, Llenado de barriles, Llenado de botellas, Almacén de barriles y Almacén paletizado. Además El greco precisó que la nave debe disponer de un altillo dónde poder situar oficinas y saneamiento en dos alturas.

Las especificaciones que plantea el cliente para la proximidad entre áreas son las siguientes:

- Proximidad en el flujo productivo, con el fin de controlar todo el proceso en un ala concreta de la nave, esto conlleva proximidad entre las etapas de recepción de la uva, Despapillado/estrujado, Enbubados, Filtrado y evacuación de raspones.
- Alejar las zonas administrativas y de saneamiento, de la maquinaria y zonas de mayor ruido de la nave.
- Implementar las necesidades de material y transporte para que pueda haber un flujo simultáneo de materia prima, productos y desechos.
- Posibilitar un buen intercambio de información.
-

Los requerimientos espaciales en metros cuadrados son:

- Oficinas y saneamientos 392 m² (28x7) , pero dado que se situarán en dos alturas, el requerimiento en planta es: 196 m².
- Recepción: 24 m² (6x4).
- Despapillado/estrujado: 24 m² (6x4).
- Evacuación de raspones: 24 m² (6x4).
- Encubado de maceración: 120 m².
- Encubado de fermentación: 120 m².

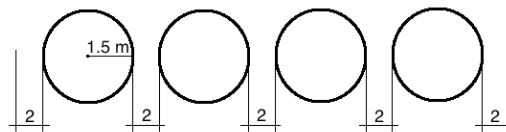


Ilustración 6. Requerimientos espaciales del encubado.

Además de la separación entre barricas de dos metros, es necesaria una separación mínima de 0.75 m en perpendicular a la separación lateral de las barricas, y a cada lado de estas, por tanto la superficie requerida por esta etapa es:

$$\text{Ancho} \times \text{Largo} = (0.75 \cdot 2 + 3) \cdot (2 \cdot 5 + 3 \cdot 4) = 120 \text{ m}^2$$

- Filtrado: 50 m² (10x5)
- Llenado de barriles: 14m² (4x3.5).
- Llenado de botellas: 14m²(4x3.5).
- Almacén barriles: 294m² (21x14).
- Almacén paletizado: 294m² (21x14).

5.1.1 Diagrama relacional de actividades.

En este apartado se define gráfica y visualmente la importancia en la cercanía o lejanía de las zonas productivas. Para ello se ha hecho uso de líneas de importancia según la siguiente leyenda:

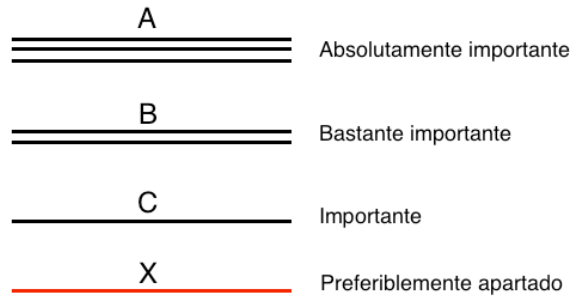


Ilustración 7. Líneas de importancia en la proximidad.

Diagrama:

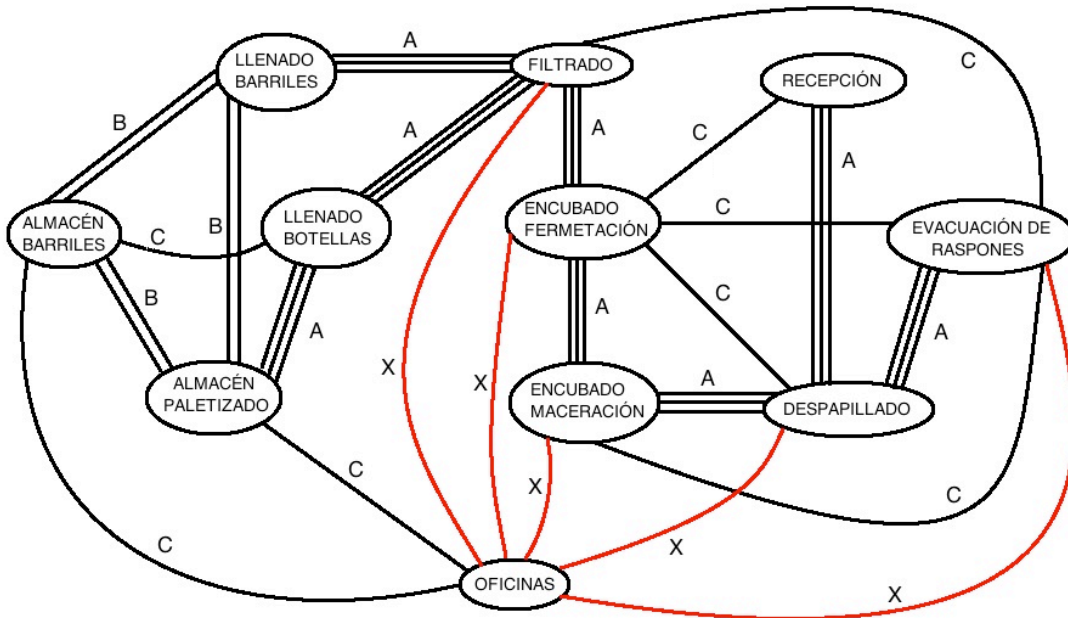


Ilustración 8. Diagrama relacional de actividades.

5.1.2 Diagrama relacional de espacios.

Con el siguiente diagrama se pretende continuar con las relaciones de proximidad anteriormente expuestas y a su vez hacernos una idea del espacio requerido por cada etapa del proceso, con el fin de organizar distintas disposiciones de la nave en función del área precisada, pues este tipo de diagrama permite analizar de forma visual los espacios.

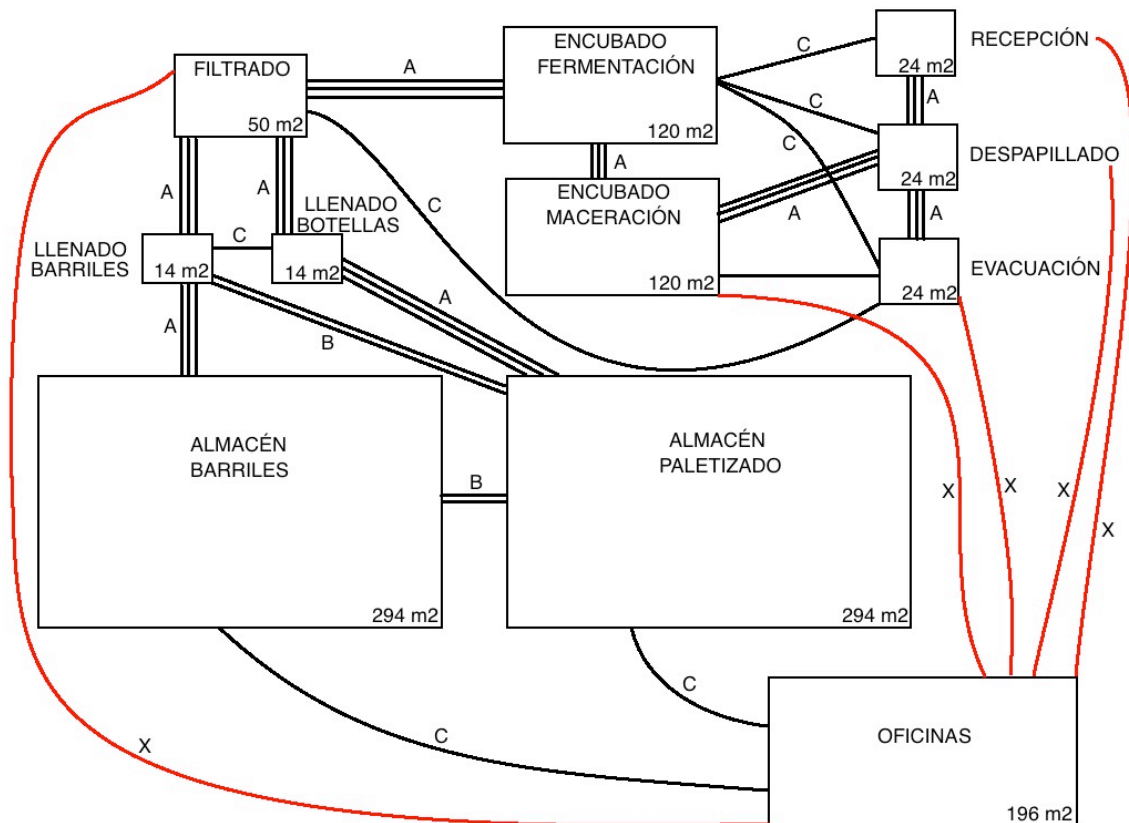


Ilustración 9. Diagrama relacional de espacios (m²)

Hemos intentado minimizar el recorrido de flujo de material, enlazando maquinaria y procesos, con el fin de reducir el transporte de material dentro de la industria. De esta forma podemos buscar alternativas que cumplan con los requerimientos que planteó la empresa, integrando de la mejor forma posible las áreas de maquinaria con las áreas de trabajo y movilidad del personal; cumpliendo de esta forma con los criterios de seguridad y confort que El Greco necesita.

A su vez debemos tener en cuenta futuras ampliaciones de la industria, por lo que habrá que dejar margen a futuros proyectos.

5.1.3 Alternativas encontradas

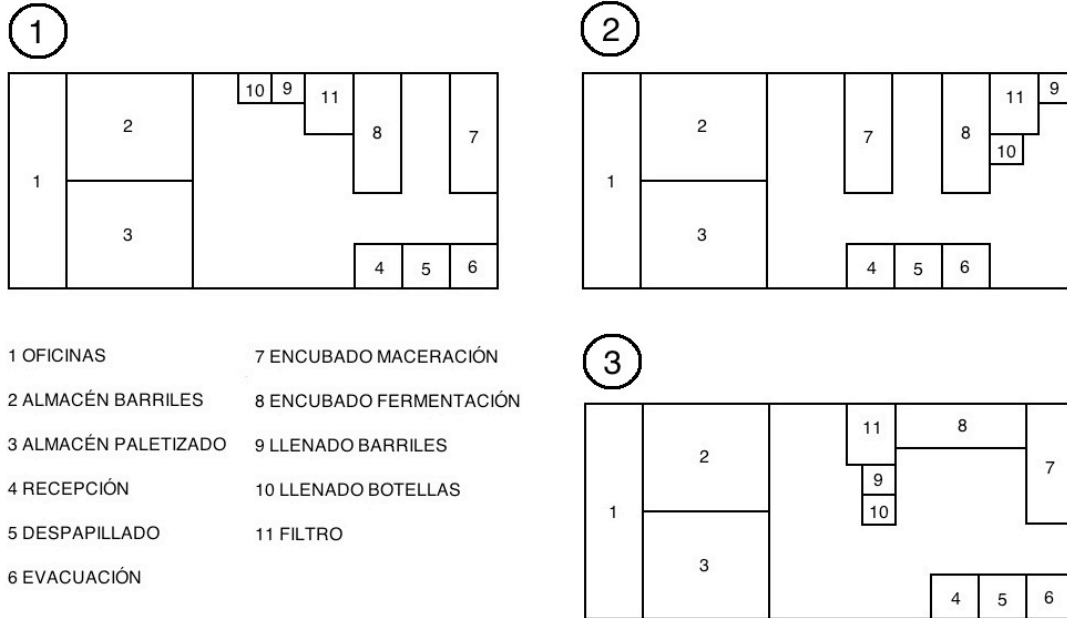


Ilustración 10. Alternativas distribución en planta.

Las tres alternativas encontradas responden a los requerimientos de El Greco, en ellas la zona administrativa y de saneamiento permanece totalmente apartada de la maquinaria y de las zonas de mayor ruido. Además las oficinas de han dispuesto al lado de la zona de almacén paletizado pues se pretende tener una zona de catas y venta al público en la zona de oficinas y su proximidad es importante.

Según la relaciones anteriormente expuestas, hemos encontrado que hay tres núcleos productivos que cuyas etapas han de estar muy cercanas entre si, uno de ellos es la etapa de recepción que tiene que estar muy próxima a la de despapillado y evacuación por eso se ha situado en las tres alternativas de forma consecutiva, y la ubicación que mejor responde a las especificaciones es la de las alternativas 2 y 3, puesto que la nave tiene tres de sus laterales con acceso desde la calle y de esta forma queda habilitado el lado derecho (parte posterior de la nave) para la entrada de material y recogida de desechos.

El segundo bloque productivo es el encubado, su proximidad con el núcleo de recepción es necesaria, pues después del despapillado/estrujado el mosto ha de macerar en las cubas para su posterior fermentación, la ubicación de los encubados se ha realizado de forma paralela con los pórticos de la estructura de la nave (corresponde con los bloques 7 y 8) en las opciones 1 y 2, y en forma de ele “L” en la opción 3 con el encubado de fermentación situado de forma perpendicular a los anteriores. Para futuras ampliaciones la opción 1 es la que mayor margen deja para poder colocar un nuevo módulo de encubado paralelo a los anteriores, entre el encubado de fermentación y los almacenes.

Por último en núcleo del filtrado y llenado de botellas y barriles, este ha de situarse de forma consecutiva al encubado de fermentación y lo más cerca posible de los almacenes para minimizar el flujo del producto por la industrial, así pues la opción 2 queda lejos de cumplir con este requisito, sin embargo, las opciones primera y segunda lo cumplen con creces.

5.1.4 Conclusiones.

A partir de las 3 alternativas encontradas, podemos observar que la primera de las opciones es la que mejor corresponde con los requerimientos del cliente, dado que es la que mayor margen ofrece a futuras ampliaciones, respeta que la zona de oficinas esté separada de la maquinaria, minimiza el flujo del material por la nave y respeta dos zonas de entrada y salida de material, la zona posterior de la nave para la entrada de material y recogida de desechos, y el lateral que da a la calle para la salida del producto en camiones. Se puede observar con mayor claridad en el anexo de planos.

5.1.5 Replanteo.

En todo momento se han cumplido en la medida de lo posible con los requisitos de la ordenanza municipal.

Siguiendo la ordenanza reguladora del suelo para uso industrial del Polígono Fuente del Jarro de Paterna, la nave cumple con el artículo 18 donde se exponen las condiciones de volúmenes y forma de los edificios, limitando estos a una altura máxima de 12m en cornisa para edificios de 2 plantas, siendo este nuestro caso pues se ha dispuesto un altillo para la segunda planta del departamento de oficinas alcanzando una altura total de 10 m en cornisa.

Por otro lado no se exige un retiro mínimo a los lindes laterales de parcela, pero dado que sí que se exige un retiro frontal a vía pública de 5 metros, y nuestra parcela tiene 3 caras que dan a la vía pública hemos establecido 10 metros de retiro a vía pública en las fachadas norte y sud mientras que en su único linde lateral e ha optado por 4 metros dejando un retiro de 17.75 m a vía pública en la fachada sudeste de la parcela, con el fin de posibilitar la circulación de camiones tanto de recogida de producto como de entrega de material.

Además, dado que no se establece un coeficiente de ocupación y los retranqueos empleados son mayores que los establecidos en el PGOU, queda de manifiesto que cumplimos con creces este punto.

En el artículo 14 correspondiente a la edificabilidad, se establece que el coeficiente de edificabilidad máxima es 1,27798 m²/m². Comprobando esta relación obtenemos:

$$\frac{\text{Superficie nave}}{\text{Superficie parcela}} = \frac{1960}{4478} = 0.437$$

Finalmente en el artículo 21 se establece que la reserva mínima de aparcamiento a ubicar en parcela privada será de una plaza por cada 150 m² de superficie construida, con independencia de las previstas en vía pública por el Plan Parcial. Por lo tanto:

$$\frac{\text{Superficie total contruida}}{\text{Reserva superficie por plaza}} = \frac{1960}{150} = 13.066 \text{ plazas}$$

Dado que las plazas de aparcamiento han de ser de 2.50x5m reservaremos espacio suficiente para 14 plazas. Disponiéndolas en 2 dos filas de 7 plazas frente a la fachada sudeste lo más cerca posible de las oficinas, como podemos observar en el plano de replanteo.

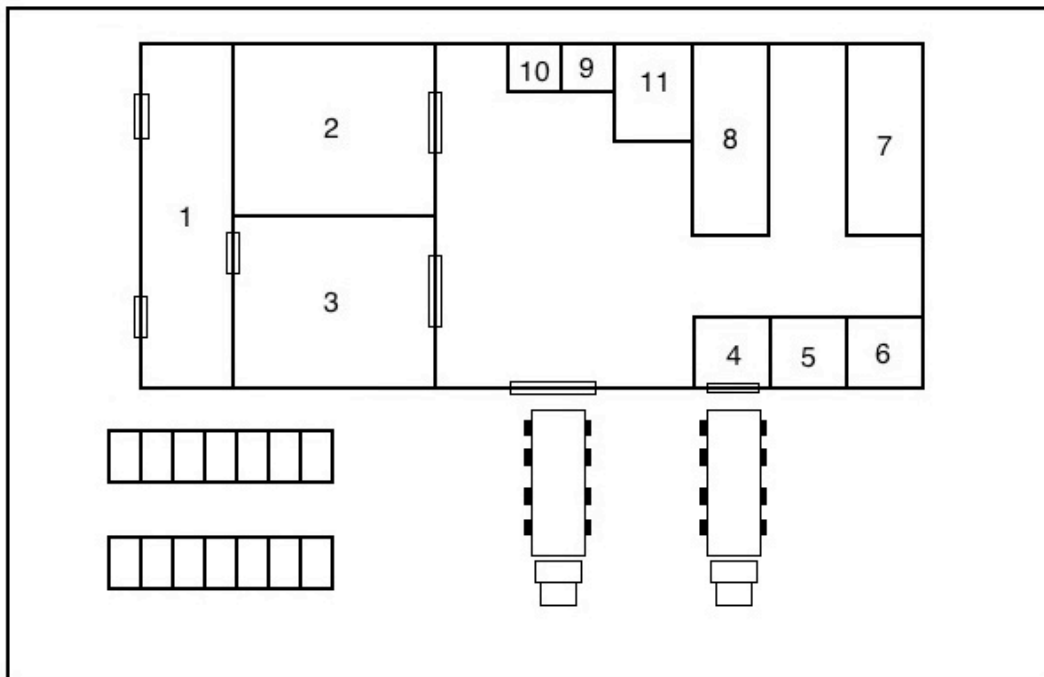


Ilustración 11. Solución a la distribución en planta.

6 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La nave industrial de este proyecto se ha resuelto mediante pórticos a dos aguas, con una luz de 28 metros, una profundidad de 70 metros y una altura de cornisa de 11,4 metros, con una inclinación de la cubierta del 10%. La superficie total de la nave es de 1960m², y en consecuencia, el volumen total es de 20,927 m³. La fachada frontal se compone de 5 pilares con una separación entre sí de 7 metros. La nave tiene un total de 12 pórticos, correspondientes con 11 vanos, separados entre sí por una distancia de 7 metros, por lo que la crujía en fachada lateral es de 7 metros.

Los arriostramientos laterales se han resuelto mediante Cruz de San Andrés (CSA) y todos los pórticos se encuentran empotrados en su base al suelo mediante una placa de anclaje y su correspondiente zapata de hormigón armado. Dado que la nave ha sido diseñada para albergar una bodega de vino, la disposición de las zapatas a lo largo de esta es excéntrica y hacia el exterior de la nave pues los depósitos de vino precisan de cimentación propia.

Además, dispone de un altillo a una altura de 4,5m en la zona de entrada a la nave (apreciable en la esquina izquierda de la imagen), se ha resuelto mediante la adición de 3 pilares interiores al segundo pórtico y sus correspondientes 5 vigas, con el fin de albergar stock en fabrica o dedicarlo al uso administrativo disponiendo oficinas.

6.1 Actuaciones previas

El estado del terreno que comprende la parcela es basto, hay vegetación baja y pequeños desniveles debidos a las propias irregularidades del mismo. Es por ello que es necesario un acondicionamiento del terreno, para el que será imprescindible el movimiento de tierras.

El movimiento de tierras comprende el conjunto de actuaciones que se han de realizar en el terreno para poder ejecutar la obra, y que empiezan por el despeje y desbroce, que consiste en eliminar maleza, pequeños arbustos, árboles y/o broza, con el fin de poder ejecutar el replanteo y poder empezar la excavación. En nuestro caso hay que desbrozar y despejar una profundidad de 20 cm, por lo que con será preciso hacer uso de un buldócer, una pala cargadora y camiones para poder retirar la tierra; esta será llevada al Vertedero Hermanos Andújar y Navarro del polígono de la Fuente del Jarro.

6.2 Cimentación

La cimentación comprende el conjunto de elementos estructurales no visibles de la construcción, dado que sitúan bajo tierra. Su misión principal es la transmisión de las cargas que recibe la estructura al terreno, repartiendo estos esfuerzos adecuadamente para no superar la tensión que admite el mismo. En los planos se puede apreciar la distribución de las zapatas y viga de atado.

6.2.1 Excavación de las zapatas

Realizado el replanteo de las zapatas será necesaria la excavación de 3 tipos de zapatas diferentes A, B y B1. Las zapatas tipo B y B1 son geoméricamente iguales, sólo difieren en el armado, por lo que para el cálculo del volumen excavado las tomaremos como iguales.

Para efectuar la excavación utilizaremos una retroexcavadora con cuchara debido a las condiciones arcillosas de nuestro terreno.

Las zapatas del tipo A son rectangulares excéntricas con unas dimensiones de 230x380x90 cm, hay 18 zapatas de este tipo con un volumen total de 141.588 m³. Teniendo en cuenta que en la excavación son necesarios 10cm extra de profundidad, para poder verter el hormigón de limpieza, el volumen total a excavar para este tipo de zapatas es 157.320 m³.

Las zapatas del tipo B/B1 son cuadradas centradas con unas dimensiones de 260x260x70 cm, en nuestra obra hay 13 zapatas de este tipo, que suponen un volumen total de 61.516 m³. De nuevo para conocer el volumen a excavar hemos de tener en cuenta los 10 cm de hormigón de limpieza, obteniendo así un volumen de 70.304 m³ que habrán de ser excavados.

Con el fin de evitar el movimiento relativo entre zapatas y poder absorber esfuerzos horizontales efectuados por el terreno, estas se unen con vigas de atado o vigas riostras; se ejecutan en hormigón armado y en nuestro caso tiene una sección cuadrada de dimensiones 40x40 cm y una longitud total sumando cada una de ellas de 22246 cm, añadiendo la profundidad necesaria para el hormigón de limpieza será necesaria la excavación de 44.492 m³.

En definitiva habrá que excavar y mover 272.116 m³ de tierra.

6.2.2 Regularización del terreno

El solado resultante de la excavación, es un suelo irregular, sobre el que si se vierte el hormigón estructural de las zapatas, la tierra suelta puede mezclarse con este i provocar pérdida de propiedades. Para evitar esto y para que el armado de las zapatas no se apoye directamente sobre el suelo, es necesario verter al menos 10cm de hormigón de limpieza.

Este tipo de hormigón es el HL-150/P/20 , y deja una superficie lisa y uniforme sobre la que se deja reposar el armado de la zapata para su posterior vertido de hormigón. Serán necesarios 33.41m³.

6.2.3 Zapatas

Como se ha dicho anteriormente en esta obra se han utilizado tres tipos de zapatas, la tipo A, la tipo B, y la B1. En este apartado se podrá diferenciar claramente entre las zapatas tipo B y B1, que a pesar de ser geoméricamente iguales, difieren en su armado y cuyas dimensiones geométricas y de armado se muestran en la siguiente tabla resumen:

Tipo	Referencia	Geometría	Armado
B1	N53, N51, N58, N59 y N60	<u>Zapata cuadrada centrada</u> Ancho zapata X: 260.0 cm Ancho zapata Y: 260.0 cm Canto: 60.0 cm	Sup X: 13Ø12c/20 Sup Y: 13Ø12c/20 Inf X: 13Ø12c/20 Inf Y: 13Ø12c/20
B	N3, N70, N69, N68, N1, N102, N100 y N98	<u>Zapata rectangular centrada</u> Ancho zapata X: 260.0 cm Ancho zapata Y: 260.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 15Ø12c/17 Sup Y: 15Ø12c/17 Inf X: 15Ø12c/17 Inf Y: 15Ø12c/17
A (fachada este)	N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43 y N48	<u>Zapata rectangular excéntrica</u> Ancho zapata X: 230.0 cm Ancho zapata Y: 380.0 cm Canto: 90.0 cm	Sup X: 15Ø16c/24 Sup Y: 9Ø16c/24 Inf X: 15Ø16c/24 Inf Y: 9Ø16c/24
A (fachada oeste)	N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36, N41 y N46	<u>Zapata rectangular excéntrica</u> Ancho zapata X: 230.0 cm Ancho zapata Y: 380.0 cm Canto: 90.0 cm	Sup X: 15Ø16c/24 Sup Y: 9Ø16c/24 Inf X: 15Ø16c/24 Inf Y: 9Ø16c/24

Tabla 2. Zapatas A, B y B1.

6.2.4 Vigas de atado

Tal y como se ha citado anteriormente las vigas de atado sirven para evitar el movimiento relativo entre las zapatas, manteniendo su alineación y absorbiendo esfuerzos horizontales causados por el terreno. En este caso se han dispuesto 22 vigas de atado, todas con las misma sección 40x40 cm y ejecutadas con el mismo hormigón que las zapatas, el HA-25/B/20/IIa.

En nuestro caso todas son de la misma longitud puesto que la separación de los pilares de fachada y la crujía entre pórticos interiores es la misma, 7m.

6.3 Estructura

La estructura es una vinculación de elementos resistivos, que unidos convenientemente es capaz de soportar su propio peso, cargas externas debidas a acciones de la naturaleza como pueden ser el viento, la nieve o el agua y los esfuerzos debidos al uso de la misma. El objetivo de la estructura es canalizar estos esfuerzos a través de los elementos que la conforman hasta el suelo sin sufrir deformaciones que comprometan la estabilidad de la estructura.

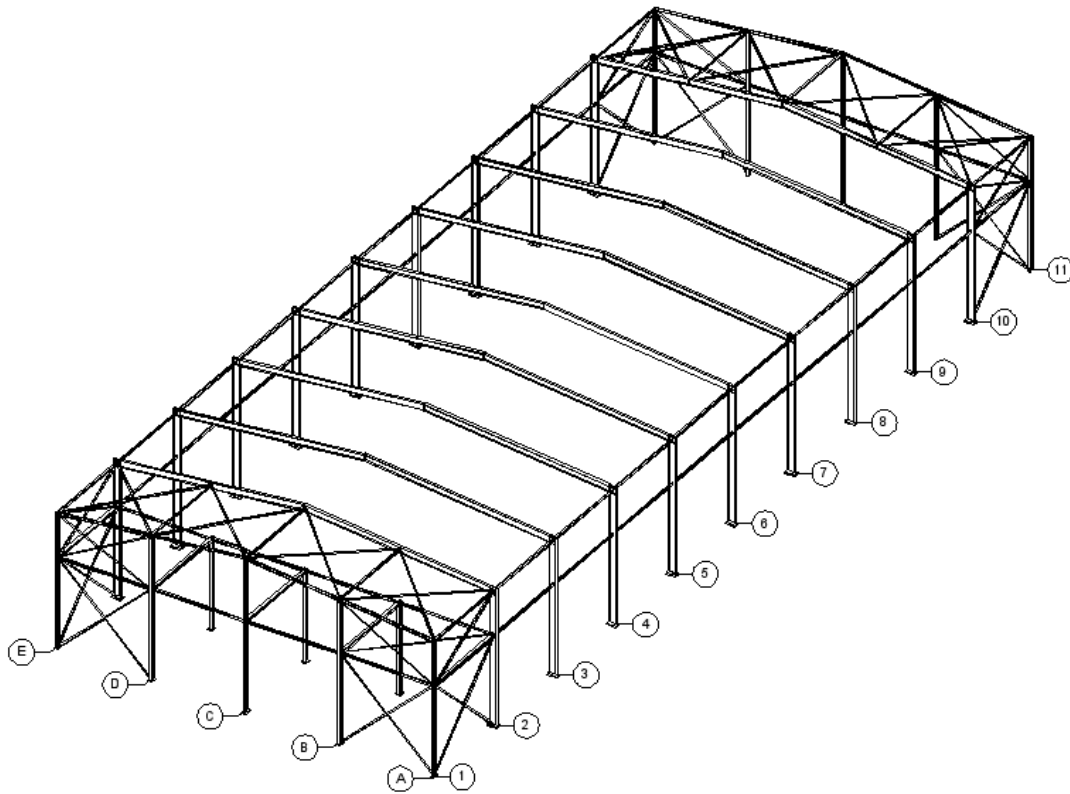


Ilustración 12. Estructura completa, vista 3D.

En este apartado vamos a describir los elementos estructurales utilizados en este proyecto, está conformados por perfiles estructurales que han podido ser elegidos gracias a la herramienta CYPE 2015, ya que permite aumentarlos o reducirlos en función del grado de carga y acciones sobre los elementos.

6.3.1 Pórtico interior

Es un elemento constructivo formado por dos pilares y una jácena, que unidos convenientemente se encargan de soportar la carga gravitatoria del edificio. En nuestro caso jácena y pilar tienen perfiles diferentes siendo el perfil de la jácena un IPE 450, algo menor que el del pilar IPE 500.

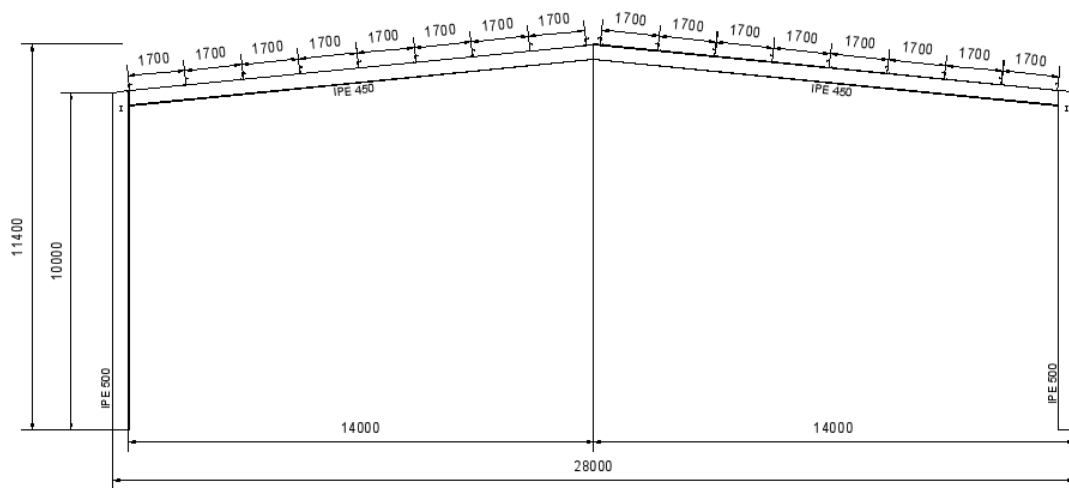


Ilustración 13. Pórtico interior tipo.

Los pilares tienen una altura de 10m y la jácena está formada por dos tramos de 14.07 m cada uno con una inclinación del 10% ascendente desde el pilar hacia el centro; posibilitando así la nave a dos aguas que se pretende construir. Se han dispuesto 9 pórticos de este tipo en la nave y uno de ellos, el pórtico número 2, el más cercano a la fachada sud forma parte del altillo de la nave.

Con el fin de poder transmitir los esfuerzos que recibe el pórtico al suelo, se han unido los pilares de cada pórtico interior a las zapatas de la cimentación a través de placas de anclaje de acero S275 JR. Estas quedan unidas a la zapata mediante 6 pernos en ángulo, que atraviesan la placa base y quedan inscritos en el hormigón de la zapata. En nuestro caso ha sido necesario el uso de cartelas a modo de rigidizador como puede observarse en la siguiente imagen:

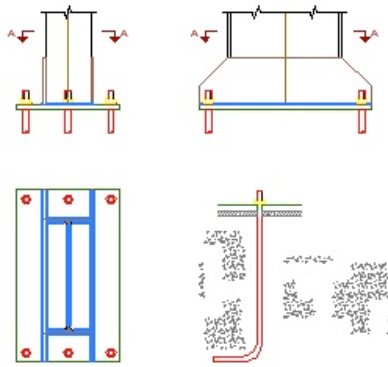


Ilustración 14. Placa de anclaje de los pilares del pórtico interior.

Las placas de anclaje de estos pórticos tienen unas dimensiones de 450x750x25 mm y los pernos son de acero B500 y con un diámetro de 25mm.

6.3.2 Pórtico fachada

Se trata de otro sistema estructural formado en nuestro caso por 5 pilares que quedan unidos a través de la jácena y dos sistemas a contra viento. Tal y como puede observarse en la figura:

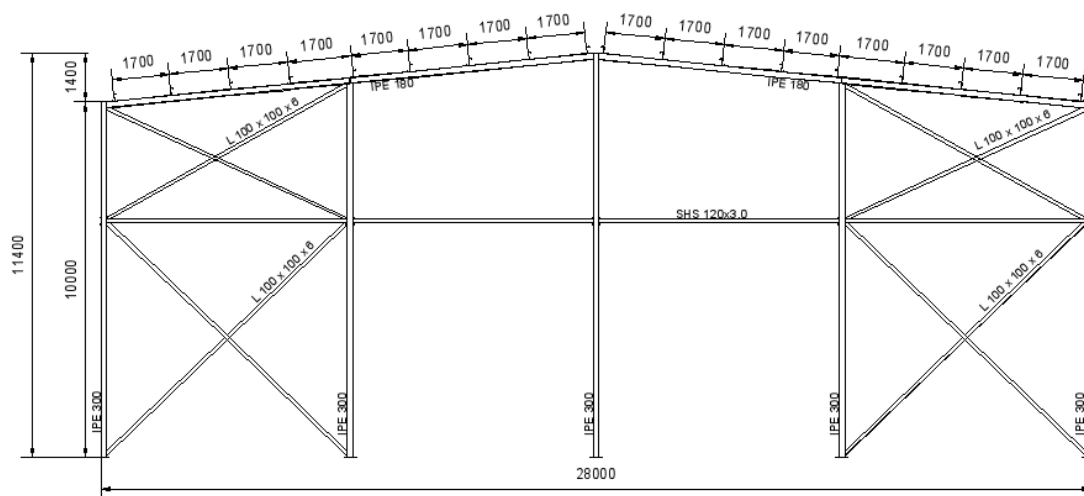


Ilustración 15. Pórtico fachada sur.

En nuestra nave se han dispuesto dos pórticos de fachada, uno para la fachada norte y otro para la fachada sur. Los 5 pilares que conforman el pórtico de fachada sur son perfiles IPE 300, pero con distintas alturas debido a la inclinación de la jácena. Así encontramos dos pilares extremos con una altura de 10m, un pilar central con una altura de 11.4 m y por últimos dos pilares intermedios de altura 10.7m. Cada pilar intermedio está separado 7m del pilar del extremo y 7m del pilar central, a lo largo de los 28m de luz de la nave.

La jácena en este caso está formada por un perfil IPE 180 y unida a la cabeza de todos los pilares con una inclinación del 10%.

Ambos pórticos de fachada tienen la misma disposición y perfiles, exceptuando, que los pilares del pórtico de la fachada norte, tienen un perfil IPE 300 en lugar de IPE 330, como se explicará más adelante en el apartado 6.4.5 Altillo.

Los sistemas a contra viento que posee este pórtico son dos, el primero de ellos es una viga intermedia situada a 6.7 m que evita el pandeo en el plano del pórtico resuelta con un perfil cuadrado SHS 120x3. Y el otro sistema es el de cruz de san Andrés, que une cada pilar extremo al pilar intermedio contiguo como se puede apreciar en la imagen y cumple también con la función de evitar el pandeo, en este caso resuelto con perfiles L 100x100x6.

Por otro lado, estos pórticos tienen otro sistema a contraviento, perpendicular al anterior y también a modo de cruz de san Andrés en las fachadas laterales de la nave. Se trata de nuevo de perfiles L 100x100x6 dispuestos como se observa en la imagen. Este sistema a contraviento une los pórticos de fachada con los pórticos interiores inmediatamente consecutivos a cada fachada, concretamente la fachada norte queda unida al pórtico interior número 10 y la fachada sur al número 2.

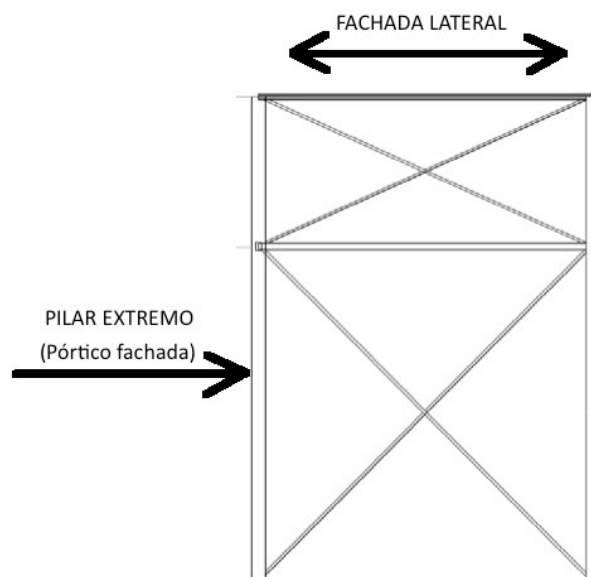


Ilustración 16. Arriostramiento lateral.

Las placas de anclaje de los pórticos de fachada han sido resueltas con placas base de 450x750x25 mm de acero S 275 JR, seis pernos en ángulo recto dispuestos como se va a ver en la figura. Estos pernos son de acero B 500 y tienen un diámetro de 25mm.

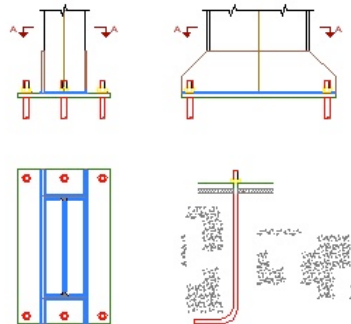


Ilustración 17. Placa de anclaje de los pilares del pórtico de fachada.

6.3.3 Sistema a contraviento

Tal y como hemos apuntado en apartados anteriores, el sistema a contra viento de nuestra estructura, está formado por una viga perimetral, la Cruz de San Andrés y la viga tipo Pratt.

La viga perimetral es un perfil IPE 180 que recorre la cumbre de los pilares que forman las fachadas laterales del edificio (este y oeste), se dispone con el fin de evitar el pandeo en los pilares de los pórticos que forman la fachada lateral. Su disposición concreta se puede observar en el plano de fachada lateral, anexo de planos, dado que no recorre la fachada en tu totalidad, sino que une los pórticos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

El sistema Cruz de San Andrés forma parte del arriostamiento de la fachada lateral, su disposición se puede observar en las imágenes del apartado anterior y en el anexo de planos. Está formado por dos cruces de san Andrés, dispuestas verticalmente en la fachada lateral que forman el primer y segundo pórtico, y también entre el décimo y onceavo pórtico. Estas cruces están formadas por perfiles L 100x100x6 y separadas por una viga centradora con un perfil cuadrado SHS 120x3 a 6.7 m de altura, que coincide con la disposición de la viga perimetral entre los pórticos 2 y 10.

Por último la viga pratt, cuyos montantes 1-10 y 5-6, forman parte del arriostramiento de fachada lateral. Los montantes interiores de dicha viga están resueltos con perfiles SHS 120x3 y las diagonales con L 100x6.

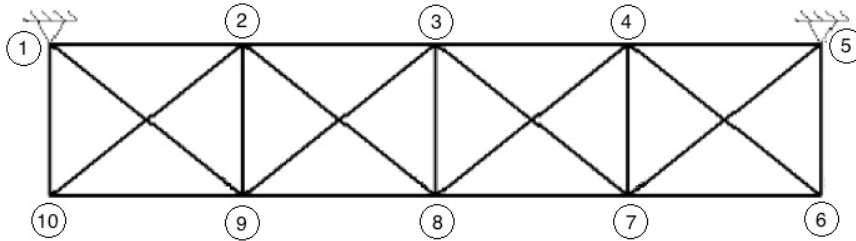


Ilustración 18. Viga Pratt del sistema a contra viento.

6.3.4 Correas

En la nave se han colocado 5 correas en cada fachada lateral, 9 correas en cada faldón de la cubierta y 6 en cada fachada frontal, tenemos en nuestra nave un total de 40 correas.

Las correas de cubierta son un elemento estructural que se instala apoyado sobre las jácenas de los pórticos interiores y de fachada, dispuestas de forma horizontal a lo largo de la nave y en las fachadas frontales.

En este caso se trata de correas con perfil ZF 200x3, en cubierta, separadas 1.7m, separación óptima para nuestra construcción, obtenida mediante CYPE 2015.

Perfil: ZF-200x3.0											
Material: S235											
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas									
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (m)	z _g ⁽³⁾ (m)	α ⁽⁵⁾ (grados)		
Inicial	Final										
0.846, 7.000, 10.085	0.846, 0.000, 10.085	7.000	11.31	687.20	137.79	-227.80	0.34	1.99	3.22	19.8	
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado</p> <p>⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p> <p>⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad</p> <p>⁽⁴⁾ Producto de inercia</p> <p>⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.</p>											

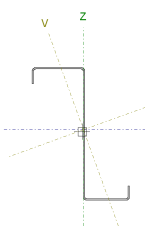


Tabla 3. Correas de Cubierta.

Para las correas laterales se han utilizado perfiles IPE 140, dispuestos cada 1.5 m a partir de 3.5m sobre el suelo. Altura hasta la cual se hará muro de obra. La ubicación exacta de cada correa se puede observar en el anexo de planos.

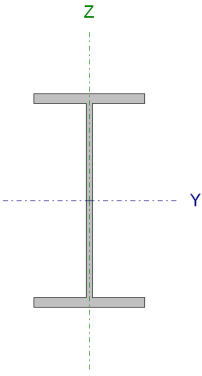
Perfil: IPE 140							
Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
		0.000, 70.000, 0.750	0.000, 63.000, 0.750	7.000	16.40	541.00	44.90
<p><i>Notas:</i></p> <p>⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado</p> <p>⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p>							

Tabla 4. Correas Laterales.

6.3.5 Altillo

La nave objeto del proyecto, posee un altillo situado entre el pórtico de la fachada sud (pórtico número 1) y el segundo pórtico (número 2). En un principio se van a disponer oficinas en la planta baja y en futuras ampliaciones sobre este. La estructura de este altillo descansa sobre los pilares del pórtico de la fachada sud, es por ello que después del cálculo, se obtuvieron perfiles a IPE 300 como hemos visto en el apartado de pórticos de fachada, que son algo menores que los de la fachada norte debido a que ahora la carga queda repartida también por la estructura del altillo. Este altillo recorre toda la luz de la nave entre los dos pórticos anteriormente citados, de forma que entre los pilares laterales del pórtico de fachada y los pilares del segundo pórtico interior, se ha sustituido el perfil SHS 120x3 por un perfil HE 220 B, mucho mayor y resistente, y a la misma altura, 6.71 m.

Además este mismo perfil dispuesto a modo de viga a la misma altura, y con 7 metros de longitud, parte de cada pilar del pórtico de fachada recorre 7 metros y se une con un pilar HE 220 B con una altura de 6.71 m, tal y como puede observarse en la siguiente imagen, donde se ha representado el pilar central del pórtico de fachada a modo de ejemplo general:

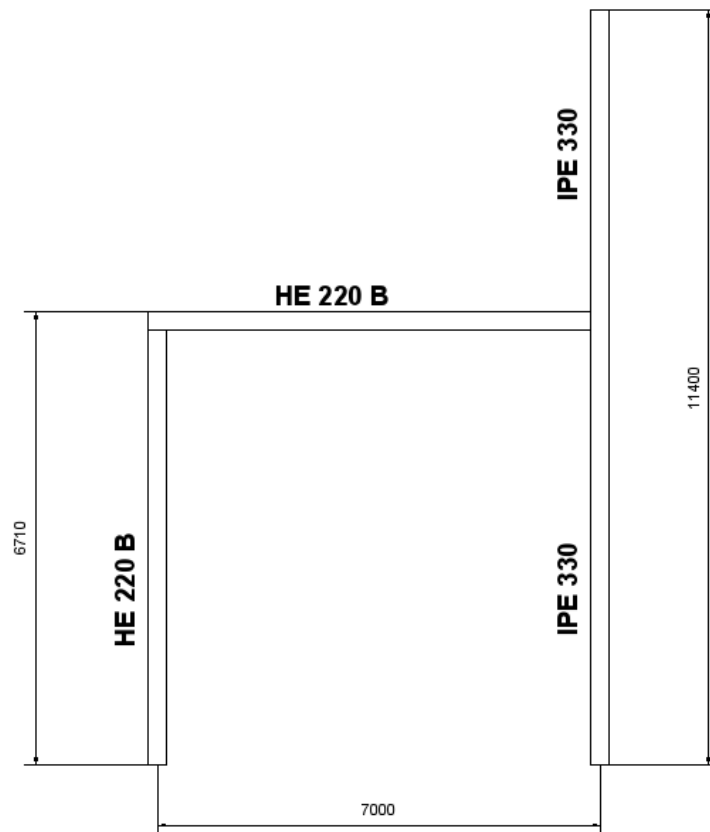


Ilustración 19. Vista de perfil de la estructura del altillo.

6.4 Elementos constructivos

Son elementos que forman parte del edificio y que a pesar de recibir esfuerzos, no son estrictamente estructurales.

6.4.1 Cerramientos

Se trata de una serie de elementos que protegen al edificio de condiciones ambientales exteriores y lo dotan de aislamiento. Proporcionando intimidad y aislamiento tanto acústico como térmico.

6.4.1.1 Cubierta

La nave tiene una cubierta a dos aguas cuya función principal es proteger el interior del edificio frente a agentes atmosféricos. La cubierta a dos aguas es simétrica, cada faldón tiene una longitud de 70m y un ancho de 14.7m, generando una superficie total de 2058 m².

La cubierta es la encargada de recoger los esfuerzos de los agentes externos y canalizarlos a la estructura a través de las correas.

Se ha optado por utilizar un 19% de la superficie de la cubierta para ubicar lucernarios, con el fin de obtener iluminación natural, se dispondrán 10 lucernarios de 5x8m alcanzando una superficie total de 400 m².

Por tanto la superficie que hay que cubrir con paneles es de 1648 m². Se ha optado por paneles tipo sándwich de la casa Arval, en concreto se ha elegido el panel ONDATHERM 1150 C, se trata de un panel para inclinaciones mínimas de cubierta del 5% y cada faldón de la nave tiene un 10% de pendiente, por lo que asegurará la estanqueidad sin necesidad de hacer uno de otros medios.

Este panel forma un sándwich entre dos chapas de acero, la interior de 0.4mm y la exterior algo más grande 0.6mm con el fin de mejorar la protección frente a agentes externos; alcanzando junto con la capa interior de lana de roca un espesor de 50mm.

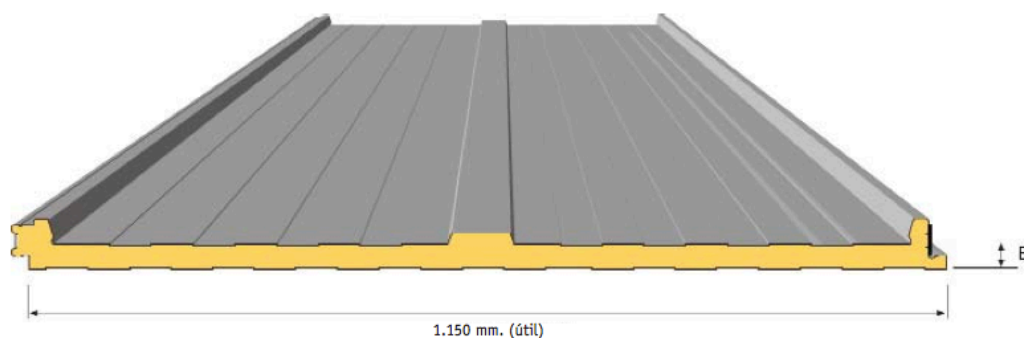


Ilustración 20. Cerramiento de cubierta.

Su sistema de montaje atornillado, queda oculto mediante tapajuntas, mejorando la estética y un cómodo mantenimiento.

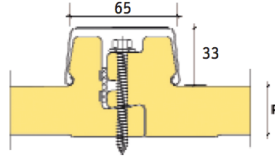


Ilustración 21. Montaje del cerramiento de cubierta.

Además estos paneles son totalmente compatibles con lucernarios de Policarbonato tipo Danpalón, de policarbonato celular y tamaño 5x8m los cuales ofrecen un buen aislamiento térmico además de no necesitar mantenimiento.

Las luces disponibles de este tipo de panel, alcanzan hasta los 4 metros, en este caso se han elegido luces de 3.5 m siendo 1.150 m el ancho. La masa de este tipo de panel es 11.0 kg/m².

6.4.1.2 Fachada

En lo que respecta a la fachada, se realizará un muro de obra hasta una altura de 3.25 m, a partir del cual se dispondrán paneles tipo sándwich, con acabado exterior plano, con el fin de mejorar el aspecto exterior de la nave.

El tipo de panel elegido es ARGAL PLUS 1000, del fabricante Arval, la chapa exterior de acero tiene un espesor de 0.7 mm mientras que la interior tiene 0.5mm. Junto con la capa intermedia de lana de roca suma un espesor de panel de 50 mm. Se elige el acabado galvanizado-prelacado en imitación a teja. Este tipo de panel tiene una masa de 11.2 kg/m².

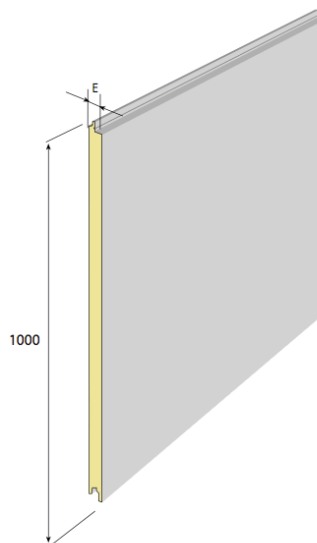


Ilustración 22. Cerramiento de fachadas.

Con este tipo de panel se cerrarán tanto las fachadas frontales Norte y Sur, como las laterales Este y Oeste, a partir de una altura de 4.5 m.

El montaje se realiza mediante tornillos, ofreciendo una junta ventilada y dejando fuera de la vista los tornillos como se puede observar en la siguiente imagen.

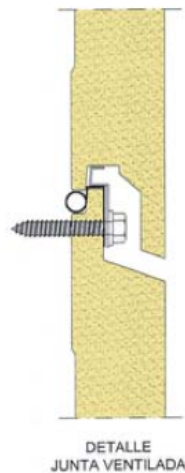


Ilustración 23. Montaje del cerramiento de fachada.

Tal y como sucede con la cubierta, los paneles tipo sándwich del cerramiento de fachada también están sujetos a las correas, las cuales transmiten los esfuerzos recogidos por los paneles a la estructura.



Ilustración 24. Acabado exterior de fachada.

6.5 Instalaciones

En cuanto a las instalaciones, únicamente se ha dispuesto un sistema de recogida de aguas pluviales. Aprovechando la cubierta a dos aguas con desnivel de 10%, se ha colocado en cada cornisa superior de la fachada lateral, un tubo de PVC de 30cm de diámetro y perfil en semicírculo a lo largo de esta, que cada 10 metros tendrá una bajante con el fin de aliviar la carga que ha de soportar la canalización los días lluviosos.

6.6 Materiales

En este apartado se van a describir los materiales utilizados en los elementos estructurales, es por ello que hablaremos de los distintos tipos de acero utilizados y de hormigón.

6.6.1 Acero

En nuestra estructura hemos utilizado dos tipos diferentes de acero, según el elemento estructural del que se trate y su función en la estructura de la nave. Los elementos de nuestra nave que están conformados en acero S 275 JR son los pilares, las jácenas, los sistemas a contra viento (CSA, viga contra viento y viga Pratt) y las placas de anclaje, este tipo de acero es más resistente que el utilizado para las correas dado que los elementos anteriormente descritos soportan cargas más acentuadas, es por ello que para las correas de cubierta y fachadas el acero utilizado ha sido el S 325 JR.

Las características de estos aceros son muy parecidas, ambos tienen el mismo módulo de elasticidad ($E = 210000 \text{ MPa}$), mismo peso específico ($\gamma = 77.01 \text{ kN/m}^3$), mismo Coeficiente de Poisson ($\nu = 0.3$), mismo módulo de cortadura ($G = 81000 \text{ MPa}$) y mismo coeficiente de dilatación ($\alpha_\tau = 0.000012 \text{ m/m}^\circ\text{C}$). En lo que difieren es en su límite elástico, dado que el acero S 275 JR soporta 40 MPa más que el S 235 JR y en su proceso de fabricación:

ACERO	Límite elástico (f_y)	Proceso fabricación
S 275 JR	275 MPa	Laminado
S 235 JR	235 MPa	Conformado

Tabla 5. Aceros utilizados y propiedades.

Sin embargo, para los elementos de acero que están en contacto directo con el hormigón, el acero utilizado ha sido el B 500 S corrugado. Estos elementos son las vigas de atado, el armado de las zapatas y los pernos de anclaje utilizados para unir placa de anclaje y zapata. Las características de este tipo de acero se presentan a continuación a modo de tabla:

Acero	Tipo	Límite elástico (MPa)	Carga unitaria de rotura (MPa)	Relación carga unit. / límite elástico	Alargamiento de rotura	Módulo de elasticidad (MPa)
B 500 S	Corrugado	$f_y = 500$	$R_m = 550$	$R_m / f_y = 1.05$	$A\% = 12\%$	$E = 200000$

Tabla 6. Aceros utilizados y propiedades.

6.6.2 Hormigón

El hormigón es un material compuesto, cuyo conglomerante principal es el Cemento Portland y al que se le añaden grava, gravilla, arena y agua. Se han utilizado dos tipos de hormigón en esta nave industrial, uno para las zapatas y las vigas de atado, y otro para el hormigón de limpieza y la solera de la nave.

En primer lugar se han utilizado 238.697 m³ de hormigón HA-25/B/20/Ila, para las 31 zapatas (203.104 m³) y las vigas de atado (35.59 m³), además de 392 m³ para la solera de hormigón de 20 cm de espesor que se le realiza a toda la superficie de la nave(1960 m²). Las características de este hormigón son las siguientes:

HA	Hormigón Armado.
25	Resistencia en N/mm^2 .
B	Consistencia blanda.
20	Tamaño máximo de los áridos añadidos.
Ila	Exposición de las armaduras, en nuestro caso es Normal-Humedad Alta.

Tabla 7. Características hormigón estructural.

Por otro lado se ha utilizado el hormigón HL-150/B/20 como hormigón de limpieza, vertiendo 10 cm de espesor en el fondo de las excavaciones de zapatas y vigas de atado, con el fin de evitar que el hormigón estructural HA-25/B/20/Ila se deteriore y sufra pérdidas de humedad excesivas durante su secado. Las características de este hormigón son:

HL	Hormigón de limpieza.
150	Resistencia en N/mm^2 .
B	Consistencia blanda.
20	Tamaño máximo de los áridos añadidos.

Tabla 8. Características hormigón de limpieza.



7 PRESUPUESTO

RESUMEN PRESUPUESTO NAVE SITA EN PATERNA 1960 m².

CAPÍTULO	IMPORTE €
1. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	
1.1. Movimiento de tierras en edificación.....	10,394.94
1.2. Desbroce y limpieza.....	3,440.94
1.3. Excavación de vigas de atado y zapatas.....	6,946.88
1.4. Mejora del terreno, compactación.....	17,882.15
1.5. Solera.....	34,417.60
	Total 62,279.27
2. CIMENTACIONES	
2.1. Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20.....	2,334.30
2.2. Zapatas de hormigón armado HA-25/B/20/IIa.....	27,579.89
2.3. Vigas de atado.....	9,330.74
	Total 39,244.93
3. ESTRUCTURAS	
3.1. Acero S275JR (incluidas placas de anclaje).....	153,776.76
3.2. Acero S235JR	24,169.36
	Total 177,946.12
4. FACHADAS	
4.1. Paneles sandwich.....	53,279.27
4.2. Muro de obra hasta.....	37,299.78
	Total 90,579.05
5. CUBIERTA	
5.1. Paneles sandwich.....	80,990.20
5.2. Lucernarios.....	79,5539.20
	Total 160,538.40
6. INSTALACIONES	
6.1. Canalones de evacuación de agua.....	2,642.08
	Total 2,642.08

7. URBANIZACIÓN DE PARCELA

7.1. Pavimento mezcla bituminosa.....	26,615.26
7.2. Muro cerramiento exterior.....	12,080.20
7.3. Puertas.....	5,013.16
7.4. Jardinería.....	3,146.00
	Total 46,854.62

Presupuesto de ejecución material (PEM).....580,499.89

13% de gastos generales.....75,464.98

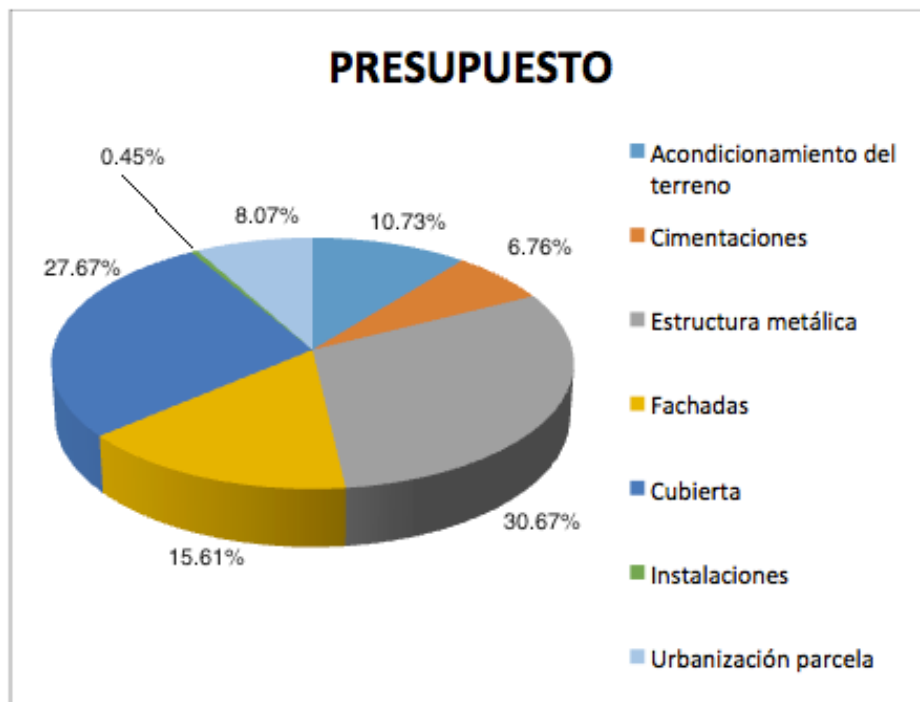
6% de beneficio industrial.....34,829.99

Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI).....690,976.86

21% IVA.....145,105.14

Presupuesto base de licitación (PBL = PEC + IVA).....836,082.00

El presupuesto total asciende a OCHOCIENTOS TREINTA Y SEIS MIL OCHENTA Y DOS EUROS.





DOCUMENTO 2

ANEXOS

Contenido

1	MODELO ESTRUCTURAL	3
2	ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO	3
2.1	ACCIONES PERMANENTES	4
2.2	ACCIONES VARIABLES	4
3	COMBINACIONES DE CÁLCULO	6
3.1	ESTADOS LÍMITE.....	6
3.2	SITUACIONES DE PROYECTO.....	6
4	CIMENTACIONES	15
4.1	ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN AISLADOS.....	16
4.2	VIGAS	16
5	ESTRUCTURA METÁLICA.....	17
5.1	CORREAS.....	17
6	PÓRTICO INTERIOR	25
6.1	CARGAS	26
6.2	ESFUERZOS	27
6.3	FLECHAS.....	32
6.4	COMPROBACIONES E.L.U.	33
7	PÓRTICO DE FACHADA NORTE.....	69
7.1	CARGAS	69
7.2	ESFUERZOS	71
7.3	FLECHAS.....	79
7.4	COMPROBACIONES E.L.U.	79
8	PÓRTICO DE FACHADA SUR	120
8.1	CARGAS	120
8.2	ESFUERZOS	123
8.3	FLECHAS.....	129
8.4	COMPROBACIONES E.L.U.	130
9	VIGA CONTRAVIENTO	172
9.1	CARGAS	172
9.2	ESFUERZOS	173
9.3	FLECHAS.....	177
9.4	COMPROBACIONES E.L.U.	177
10	ARRIOSTRAMIENTO DE FACHADA LATERAL Y VIGA PERIMETRAL	190
10.1	CARGAS	190
10.2	ESFUERZOS	191
10.3	FLECHAS.....	195
10.4	COMPROBACIONES E.L.U.	195

11	PLACAS DE ANCLAJE	208
11.1	PLACA DE ANCLAJE DE LOS PILARES DE FACHADA LATERAL	208
11.2	PLACA DE ANCLAJE FACHADA SUR	212
11.3	PLACA DE ANCLAJE FACHADA NORTE	215
11.4	PLACA DE ANCLAJE ALTILLO	219
12	ESTRUCTURA DEL ALTILLO	222
12.1	CARGAS	222
12.2	ESFUERZOS	223
12.3	FLECHAS.....	228
12.4	COMPROBACIONES E.L.U.	229

1 MODELO ESTRUCTURAL

Para realizar el cálculo de la estructura ha sido necesario el uso de un software especializado, buscamos un programa que fuera capaz de utilizar un método matricial para realizar el cálculo lineal y elástico de cada elemento estructural de una nave industrial, y la respuesta fue el software CYPE 2015 para ingenieros. Este software contiene diferentes subprogramas como el Generador de pórticos, utilizado para generar, como su propio nombre indica, los pórticos que van a dar forma a la nave, en base a las cargas correspondientes con su peso propio, sobrecargas de uso, viento, nieve y su geometría característica. Además permite elegir el perfil adecuado para las correas de cubierta y fachadas, y su correcta ubicación.

Por otro lado el programa de cálculo Metal 3D, este último es capaz de calcular estructuras de hormigón y acero, entre otros materiales, y es el software que ha posibilitado el diseño y dimensionado de los perfiles de cada elemento estructural, las zapatas, las placas de anclaje, pilares y jácenas. En definitiva el diseño y dimensionado de la cimentación y estructura de la nave.

Se ha podido hacer uso del programa, gracias a las licencias que cada año consigue el departamento de Construcción y Arquitectura Industrial de la Escuela Técnica Superior de Ingeniero Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia.

2 ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO

Sobre el edificio actúan tres tipos de acciones, las permanentes, las variables y las accidentales. Estas últimas, las accidentales, están referidas a sismos, impactos incendios o explosiones y no han sido tenidas en cuenta para este proyecto, dado que por ejemplo, en cuanto a sismo, la población de Paterna tiene una aceleración básica en este sentido de 0.06 g, muy próxima al valor de aceleración a partir del cual se ha debería incluir en el cálculo (0.04 g), por lo que la influencia no es significativa. Valores obtenidos de la Norma de Construcción Sismoterrestre: Parte general y construcción.

2.1 Acciones permanentes

Las acciones permanentes son aquellas que corresponden con cargas del propio edificio, es decir, aquellas cargas que actúan de forma continua y permanente en la misma posición y con la misma magnitud. En definitiva el peso propio del edificio. En el caso de naves con luces cerca de los 30m, como sucede con nuestro edificio por tener 28m de luz, es necesario sumar a este peso propio, el peso de los cerramientos, que es 0.15 kN/m^2 . Este tipo de carga actúa de forma vertical sobre la cubierta y CYPE es capaz de calcularla y cuantificarla, en base a la perfilera elegida para cada elemento.

2.2 Acciones variables

Las acciones variables son aquellas que al contrario que las permanentes, no actúan de forma continua y monótona sobre el edificio, sino que, varían en el tiempo y en intensidad. En este apartado de incluyen las siguientes cargas:

Sobrecarga de uso:

Es la correspondiente con el peso total de la masa que puede gravitar sobre el edificio durante su uso, es decir, personas, enseres, mercancías, maquinaria, etc. Según el Documento Básico SA-AE, esta sobrecarga puede simularse a través de una carga distribuida uniformemente y además se especifica que para categorías de edificio con cubierta accesibles únicamente para conservación y cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado), la categoría de uso es G1 y su carga uniforme 0.4 kN/m^2 . No es concomitante con el resto de acciones variables.

Viento:

Las presiones y fuerzas que ejerce el viento sobre el edificio dependen de la geometría de la construcción y características de la misma como su permeabilidad, junto con las características propias del viento de la zona en la que se sitúe, rachas, intensidad y dirección. En definitiva se trata de fuerzas o presiones estáticas, que actúan de forma perpendicular sobre una superficie de la nave y que pueden expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo:

- q_e : La presión estática.
- q_b : La presión dinámica del viento en función del emplazamiento geográfico de la obra .
- C_e : el coeficiente de exposición, que varía con la altura y el grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.
- C_p : el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie res- pecto al viento

Para nuestro edificio se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Periodo de servicio: 50 años.
- Grado de aspereza: IV (Zona industrial)
- Zona eólica: A
- Profundidad nave: 70.00 m
- Sin huecos, todas las acciones del viento sea cual sea su grado de incidencia, se han tomado sin acción en el interior de la nave.
- $q_b = 0.42 \text{ kN/m}^2$. Correspondiente con la presión dinámica de la zona A.
- Coeficiente de exposición:

$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z)}{L}\right) = 0.22 \cdot \ln\left(\frac{11.4}{0.3}\right) = 0.8$$

$$C_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) = 1.87$$

Nieve:

La carga de nieve sobre una cubierta, varía su distribución e intensidad dependiendo del clima, tipo de precipitación, relieve, geometría de la cubierta y de los efectos del viento, y cambios térmicos exteriores. Se puede calcular así:

$$q_n = \gamma \cdot S_k$$

Siendo:

- q_n : carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal.
- γ : coeficiente de forma de la cubierta, dependiente de la pendiente de la misma.
- S_k : el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal específico.

Para nuestro edificio se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Zona climática invernala: 5
- Altitud topográfica: 40.00 m
- Con resaltos en cubierta
- Exposición normal a la acción del viento.
- $S_k = 0.2kN/m^2$. Correspondiente con zona 5 y altitud entre 0 y 200m.

3 COMBINACIONES DE CÁLCULO

3.1 Estados límite

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

3.2 Situaciones de proyecto

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

- Situaciones persistentes o transitorias

- Con coeficientes de combinación

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

- Sin coeficientes de combinación

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

- Situaciones sísmicas

- Con coeficientes de combinación

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

- Sin coeficientes de combinación

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

- Donde:

G_k Acción permanente

Q_k Acción variable

A_E Acción sísmica

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

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

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

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

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

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

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

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

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

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

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

Tensiones sobre el terreno

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Desplazamientos

Integridad - G1				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.000	1.000	0.700
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	0.500

Integridad + G1				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)				
Nieve (Q)				

E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08

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

- Situaciones persistentes o transitorias

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

- Situaciones sísmicas

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

- Situaciones accidentales

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

- Donde:

- G_k Acción permanente
- Q_k Acción variable
- A_E Acción sísmica
- A_d Acción accidental
- γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica
- γ_{Ad} Coeficiente parcial de seguridad de la acción accidental
- $\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G2)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500
Empujes del terreno (H)	1.000	1.350	-	-

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	1.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G2)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Empujes del terreno (H)	1.000	1.350	-	-

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08

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

- Situaciones persistentes o transitorias

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

- Situaciones sísmicas

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

- Situaciones accidentales

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Ad} A_d + \gamma_{Q1} \psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{ai} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente

Q_k Acción variable

A_E Acción sísmica

A_d Acción accidental

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

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

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

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

γ_{Ad} Coeficiente parcial de seguridad de la acción accidental

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

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	1.000	0.700

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G2)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500
Empujes del terreno (H)	1.000	1.350	-	-

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	1.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G2)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Empujes del terreno (H)	1.000	1.350	-	-

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

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

E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M

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

- Situaciones persistentes o transitorias

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

- Situaciones sísmicas

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

- Situaciones accidentales

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

- Donde:

- G_k Acción permanente
- Q_k Acción variable
- A_E Acción sísmica
- A_d Acción accidental
- γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica
- γ_{Ad} Coeficiente parcial de seguridad de la acción accidental
- $\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G2)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500
Empujes del terreno (H)	0.700	1.350	-	-

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	1.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G2)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Empujes del terreno (H)	0.700	1.350	-	-

ELS CTE

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

- Situaciones persistentes o transitorias

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

- Situaciones sísmicas

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

- Donde:

G_k Acción permanente

Q_k Acción variable

A_E Acción sísmica

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

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

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

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

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

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

Integridad - G1				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A. Zonas residenciales)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso B. Zonas administrativas)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso C. Zonas de acceso al público)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso D. Zonas comerciales)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso E. Zonas de tráfico y aparcamiento para vehículos ligeros)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento)	0.000	1.000	1.000	0.700
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	0.500
Empujes del terreno (H)	1.000	1.000	-	-

Integridad + G1				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_1)	Acompañamiento (ψ_2)
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A. Zonas residenciales)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso B. Zonas administrativas)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso C. Zonas de acceso al público)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D. Zonas comerciales)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso E. Zonas de tráfico y aparcamiento para vehículos ligeros)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)				
Nieve (Q)				
Empujes del terreno (H)			-	-

4 CIMENTACIONES

En la siguiente imagen se muestran los tres tipos de zapatas que existen en la cimentación de la nave, estos son tipo B para fachada norte y pilares del altillo, tipo A para los pilares de los pórticos interiores y tipo B1 para los pilares de fachada sur. En el apartado de elementos de cimentación aislados se pueden observar las dimensiones.

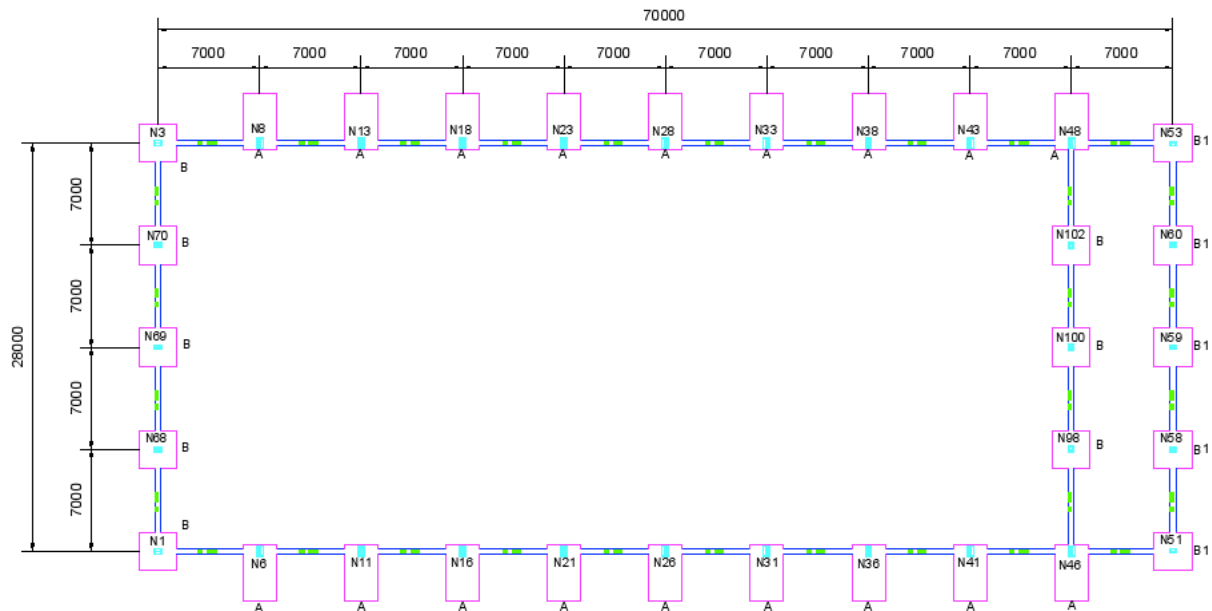


Ilustración 1. Zapatas y vigas de atado.

4.1 Elementos de cimentación aislados

Referencias	Geometría	Armado
Zapatas Fachada Sur (Tipo B1)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 130.0 cm Ancho inicial Y: 130.0 cm Ancho final X: 130.0 cm Ancho final Y: 130.0 cm Ancho zapata X: 260.0 cm Ancho zapata Y: 260.0 cm Canto: 60.0 cm	Sup X: 13Ø12c/20 Sup Y: 13Ø12c/20 Inf X: 13Ø12c/20 Inf Y: 13Ø12c/20
Zapatas Fachada Norte y Altillo (Tipo B)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 130.0 cm Ancho inicial Y: 130.0 cm Ancho final X: 130.0 cm Ancho final Y: 130.0 cm Ancho zapata X: 260.0 cm Ancho zapata Y: 260.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 15Ø12c/17 Sup Y: 15Ø12c/17 Inf X: 15Ø12c/17 Inf Y: 15Ø12c/17
Zapatas Fachada Este (Tipo A)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 115.0 cm Ancho inicial Y: 40.0 cm Ancho final X: 115.0 cm Ancho final Y: 340.0 cm Ancho zapata X: 230.0 cm Ancho zapata Y: 380.0 cm Canto: 90.0 cm	Sup X: 15Ø16c/24 Sup Y: 9Ø16c/24 Inf X: 15Ø16c/24 Inf Y: 9Ø16c/24
Zapatas Fachada Oeste (Tipo A)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 115.0 cm Ancho inicial Y: 340.0 cm Ancho final X: 115.0 cm Ancho final Y: 40.0 cm Ancho zapata X: 230.0 cm Ancho zapata Y: 380.0 cm Canto: 90.0 cm	Sup X: 15Ø16c/24 Sup Y: 9Ø16c/24 Inf X: 15Ø16c/24 Inf Y: 9Ø16c/24

4.2 Vigas

Referencias	Geometría	Armado
C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33], C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N48-N53], C [N53-N60], C [N60-N59], C [N59-N58], C [N58-N51], C [N51-N46], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31], C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6], C [N6-N1], C [N1-N68], C [N68-N69], C [N69-N70], C [N70-N3], C [N48-N102], C [N102-N100], C [N100-N98] y C [N98-N46]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/30

5 ESTRUCTURA METÁLICA

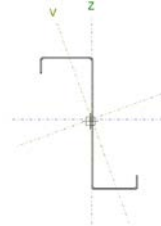
5.1 Correas

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: ZF-200x3.0	Límite flecha: $L / 300$
Separación: 1.70 m	Número de vanos: Tres vanos
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 86.61 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: ZF-200x3.0 Material: S235											
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
	Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_{yz}^{(4)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)	$y_a^{(3)}$ (m)	$z_a^{(3)}$ (m)	$\alpha^{(5)}$ (grados)
	0.846, 7.000 10.085	0.846, 0.000, 10.085	7.000	11.31	687.20	137.79	-227.80	0.34	1.99	3.22	19.8
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
	Pandeo			Pandeo lateral							
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.					
	β	0.0	1.00	0.00		0.00					
	L_K	0.000	7.000	0.000		0.000					
C_1	-			1.000							
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_1 : Factor de modificación para el momento crítico											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	$M_y M_z$	V_y	V_z	$N_t M_y M_z$	$N_c M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t N M_y M_z V_y V_z$	
pésima en cubierta	$b / t \leq (b / t)_{\text{Max}}$ Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 86.6$	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 14.9$	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE $\eta = 86.6$
Notación: b / t : Relación anchura / espesor $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez N_t : Resistencia a tracción N_c : Resistencia a compresión M_y : Resistencia a flexión. Eje Y M_z : Resistencia a flexión. Eje Z $M_y M_z$: Resistencia a flexión biaxial V_y : Resistencia a corte Y V_z : Resistencia a corte Z $N_t M_y M_z$: Resistencia a tracción y flexión $N_c M_y M_z$: Resistencia a compresión y flexión $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión $M_t N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x : Distancia al origen de la barra η : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)												Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _v	M _z	M _y M _z	V _v	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	NM _y M _z V _v V _z	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.													

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$h/t \leq 250$ $h / t : \underline{62.7}$ ✓

$b_1/t \leq 90$ $b_1 / t : \underline{22.7}$ ✓

$c_1/t \leq 30$ $c_1 / t : \underline{6.3}$ ✓

$b_2/t \leq 60$ $b_2 / t : \underline{19.3}$ ✓

$c_2/t \leq 30$ $c_2 / t : \underline{5.3}$ ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$0.2 \leq c_1/b_1 \leq 0.6$ $c_1 / b_1 : \underline{0.279}$

$0.2 \leq c_2/b_2 \leq 0.6$ $c_2 / b_2 : \underline{0.276}$

Donde:

h : Altura del alma.	$h : \underline{188.00}$ mm
b₁ : Ancho del ala superior.	$b_1 : \underline{68.00}$ mm
c₁ : Altura del rigidizador del ala superior.	$c_1 : \underline{19.00}$ mm
b₂ : Ancho del ala inferior.	$b_2 : \underline{58.00}$ mm
c₂ : Altura del rigidizador del ala inferior.	$c_2 : \underline{16.00}$ mm
t : Espesor.	$t : \underline{3.00}$ mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.866} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.846, 7.000, 10.085, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

$M_{v,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{v,Ed}^+ : \underline{12.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{v,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{14.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{el} : \underline{66.58} \text{ cm}^3$$

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

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

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

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

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.149} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.846, 7.000, 10.085, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$ H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{11.30} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{b,Rd} : \underline{75.69} \text{ kN}$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{194.36} \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{3.00} \text{ mm}$$

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \text{ grados}$$

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

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

$$f_{bv} : \underline{136.30} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

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

$$\bar{\lambda}_w : \underline{0.75}$$

Donde:

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

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

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000.00} \text{ MPa}$$

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

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

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 96.20 %

Coordenadas del nudo inicial: 27.154, 63.000, 10.085

Coordenadas del nudo final: 27.154, 70.000, 10.085

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(180°) H1 a una distancia 3.500 m del origen en el tercer vano de la correa.

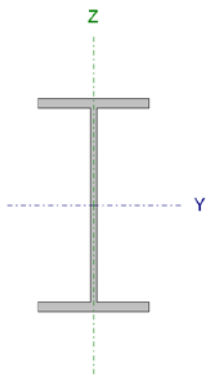
(I_y = 687 cm⁴) (I_z = 138 cm⁴)

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 140	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.50 m	Número de vanos: Tres vanos
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 36.90 %

Barra pésima en lateral

Perfil: IPE 140 Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	0.000, 70.000, 0.750	0.000, 63.000, 0.750	7.000	16.40	541.00	44.90	2.45
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	β	0.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	7.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_{w}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
pésima en lateral	N.P. ⁽¹⁾	x: 1.167 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 7 m $\eta = 36.9$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 7 m $\eta = 7.3$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 1.167 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE $\eta = 36.9$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

26.85 ≤ 248.60 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 126.20 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.70 mm

A_w : Área del alma.

A_w : 5.93 cm²

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

$A_{fc,ef}$: 5.04 cm²

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

k : 0.30

E : Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

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

f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.369 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 63.000, 0.750, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(90°) H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{8.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

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

$$M_{c,Rd} : \underline{23.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{88.30} \text{ cm}^3$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.073} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 63.000, 0.750, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$ H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{7.26} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{99.50} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.58} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{140.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.70} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

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

$\gamma_{Mo} : 1.05$

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:

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

$$26.85 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

 λ_w : Esbeltez del alma.

$\lambda_w : 26.85$

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

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

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

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

 ε : Factor de reducción.

$\varepsilon : 0.92$

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

Siendo:

 f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

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

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

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

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

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

$$3.46 \text{ kN} \leq 49.75 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.167 m del nudo 0.000, 70.000, 0.750, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ) H1$.

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

$V_{Ed} : 3.46 \text{ kN}$

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

$V_{c,Rd} : 99.50 \text{ kN}$

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 87.24 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 7.000, 0.750

Coordenadas del nudo final: 0.000, 0.000, 0.750

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(270^\circ)$ H1 a una distancia 3.500 m del origen en el tercer vano de la correa.(I_y = 541 cm⁴) (I_z = 45 cm⁴)

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m ²
Correas de cubierta	18	159.85	0.06
Correas laterales	16	205.98	0.07

6 PÓRTICO INTERIOR

Para el pórtico interior tipo, puesto que se trata de una estructura simétrica que recibe las mismas cargas a un lado que a otro, se ha comprobado el cálculo para un pilar N26-N84-N27 y para la jácena N27-N30. En la figura se puede comprobar qué perfil corresponde con cada barra.



Ilustración 2. Pórtico interior

6.1 CARGAS

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N26/N84	Peso propio	Uniforme	0.893	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N84	Peso propio	Uniforme	1.639	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N84	V(0°) H1	Uniforme	3.993	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N26/N84	V(0°) H2	Uniforme	3.993	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N26/N84	V(90°) H1	Uniforme	2.769	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N26/N84	V(180°) H1	Uniforme	1.894	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N26/N84	V(180°) H2	Uniforme	1.894	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N26/N84	V(270°) H1	Uniforme	2.769	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N84/N27	Peso propio	Uniforme	0.893	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N84/N27	Peso propio	Uniforme	1.639	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N84/N27	V(0°) H1	Uniforme	3.993	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N84/N27	V(0°) H2	Uniforme	3.993	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N84/N27	V(90°) H1	Uniforme	2.769	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N84/N27	V(180°) H1	Uniforme	1.894	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N84/N27	V(180°) H2	Uniforme	1.894	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N84/N27	V(270°) H1	Uniforme	2.769	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N27/N30	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N30	Peso propio	Uniforme	1.409	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N30	Q (Uso G1)	Uniforme	2.800	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N30	V(0°) H1	Faja	3.205	-	2.292	14.070	Globales	0.000	-0.100	0.995
N27/N30	V(0°) H1	Faja	6.489	-	0.000	2.292	Globales	-0.000	-0.100	0.995
N27/N30	V(0°) H2	Faja	0.079	-	0.000	2.292	Globales	0.000	0.100	-0.995
N27/N30	V(0°) H2	Faja	0.079	-	2.292	14.070	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N27/N30	V(90°) H1	Uniforme	3.284	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N27/N30	V(180°) H1	Faja	3.245	-	0.000	11.790	Globales	0.000	-0.100	0.995
N27/N30	V(180°) H1	Faja	0.635	-	11.790	14.070	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N27/N30	V(180°) H2	Faja	3.087	-	11.790	14.070	Globales	0.000	-0.100	0.995
N27/N30	V(180°) H2	Faja	3.087	-	0.000	11.790	Globales	0.000	-0.100	0.995
N27/N30	V(270°) H1	Uniforme	3.284	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N27/N30	N(EI)	Uniforme	1.637	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N30	N(R) 1	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N30	N(R) 2	Uniforme	1.637	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

6.2 Esfuerzos

Referencias:

N: Esfuerzo axial (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m
N26/N84	Peso propio	N	-58.429	-56.305	-54.180	-52.056	-49.932	-47.807	-45.683	-43.559	-41.435
		Vy	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
		Vz	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-74.84	-58.66	-42.47	-26.28	-10.09	6.10	22.29	38.48	54.66
		Mz	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m	
		Vy	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	-0.07	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03	-0.01	0.00	0.01	0.02	
	Q (Uso G1)	N	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395
		Vy	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Vz	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-96.59	-75.70	-54.81	-33.91	-13.02	7.87	28.76	49.66	70.55	
		Mz	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	
	V(0°) H1	N	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	60.123	56.774	53.424	50.075	46.726	43.376	40.027	36.678	33.328	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	219.33	170.31	124.10	80.69	40.09	2.31	-32.67	-64.84	-94.20	
		Mz	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
	V(0°) H2	N	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538
		Vy	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		Vz	51.749	48.400	45.050	41.701	38.352	35.002	31.653	28.303	24.954	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	214.97	172.97	133.78	97.40	63.83	33.06	5.11	-20.03	-42.37	
		Mz	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
	V(90°) H1	N	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976
		Vy	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127
		Vz	10.819	13.142	15.465	17.788	20.111	22.433	24.756	27.079	29.402	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	73.47	63.42	51.42	37.48	21.58	3.74	-16.05	-37.79	-61.47	
Mz		0.62	0.52	0.41	0.30	0.20	0.09	-0.02	-0.13	-0.23		
V(180°) H1	N	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	
	Vy	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	
	Vz	2.826	4.415	6.003	7.591	9.180	10.768	12.357	13.945	15.533		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-0.82	-3.86	-8.23	-13.93	-20.96	-29.33	-39.03	-50.06	-62.42		
	Mz	-0.06	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01		
V(180°) H2	N	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	
	Vy	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	
	Vz	-11.554	-9.966	-8.377	-6.789	-5.201	-3.612	-2.024	-0.435	1.153		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-83.14	-74.11	-66.42	-60.06	-55.03	-51.34	-48.97	-47.94	-48.24		
	Mz	-0.05	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01		
V(270°) H1	N	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	
	Vy	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	
	Vz	10.819	13.142	15.465	17.788	20.111	22.433	24.756	27.079	29.402		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	73.47	63.42	51.42	37.48	21.58	3.74	-16.05	-37.79	-61.47		
	Mz	-0.65	-0.54	-0.42	-0.31	-0.20	-0.08	0.03	0.15	0.26		
N(EI)	N	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	
	Vy	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
	Vz	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m
		My	-56.47	-44.25	-32.04	-19.83	-7.61	4.60	16.81	29.03	41.24
		Mz	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106
		Vy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Vz	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-46.38	-37.22	-28.06	-18.90	-9.74	-0.58	8.58	17.74	26.90
		Mz	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439
		Vy	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		Vz	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-38.32	-29.16	-20.00	-10.84	-1.68	7.48	16.64	25.80	34.96
		Mz	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.411 m	0.823 m	1.234 m	1.645 m	2.056 m	2.468 m	2.879 m	3.290 m
N84/N27	Peso propio	N	-40.146	-39.105	-38.063	-37.022	-35.980	-34.938	-33.897	-32.855	-31.814
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301	-19.301
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	54.66	62.60	70.54	78.48	86.41	94.35	102.29	110.23	118.17
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
	Q (Uso G1)	N	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395	-39.395
		Vy	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
		Vz	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909	-24.909
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	70.55	80.79	91.04	101.28	111.53	121.77	132.01	142.26	152.50
		Mz	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196	50.196
		Vy	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009
		Vz	33.328	31.686	30.044	28.401	26.759	25.117	23.475	21.832	20.190
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-94.20	-107.56	-120.26	-132.28	-143.62	-154.28	-164.28	-173.59	-182.23
		Mz	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00
V(0°) H2	N	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	11.538	
	Vy	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	
	Vz	24.954	23.312	21.669	20.027	18.385	16.743	15.100	13.458	11.816	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-42.37	-52.29	-61.54	-70.12	-78.01	-85.24	-91.78	-97.66	-102.85	
	Mz	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.411 m	0.823 m	1.234 m	1.645 m	2.056 m	2.468 m	2.879 m	3.290 m
	V(90°) H1	N	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976
		Vy	-0.070	-0.070	-0.070	-0.070	-0.070	-0.070	-0.070	-0.070	-0.070
		Vz	29.402	30.541	31.680	32.819	33.958	35.097	36.236	37.375	38.514
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-61.47	-73.80	-86.59	-99.86	-113.59	-127.79	-142.46	-157.59	-173.20
		Mz	-0.23	-0.20	-0.17	-0.14	-0.12	-0.09	-0.06	-0.03	0.00
	V(180°) H1	N	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789	38.789
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	15.533	16.312	17.091	17.870	18.649	19.428	20.206	20.985	21.764
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-62.42	-68.97	-75.84	-83.03	-90.54	-98.37	-106.52	-114.99	-123.78
		Mz	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581	30.581
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	1.153	1.932	2.711	3.490	4.268	5.047	5.826	6.605	7.384
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-48.24	-48.88	-49.83	-51.11	-52.70	-54.62	-56.85	-59.41	-62.29
		Mz	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976	45.976
		Vy	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079
		Vz	29.402	30.541	31.680	32.819	33.958	35.097	36.236	37.375	38.514
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-61.47	-73.80	-86.59	-99.86	-113.59	-127.79	-142.46	-157.59	-173.20
		Mz	0.26	0.23	0.19	0.16	0.13	0.10	0.06	0.03	0.00
	N(EI)	N	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030	-23.030
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562	-14.562
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	41.24	47.23	53.22	59.21	65.20	71.18	77.17	83.16	89.15
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106	-14.106
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	26.90	31.39	35.88	40.37	44.87	49.36	53.85	58.34	62.83
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439	-20.439
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921	-10.921
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	34.96	39.45	43.94	48.44	52.93	57.42	61.91	66.40	70.89
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	2.110 m	3.517 m	5.628 m	7.035 m	9.145 m	10.552 m	12.663 m	14.070 m
N27/N30	Peso propio	N	-22.243	-21.787	-21.483	-21.028	-20.724	-20.268	-19.965	-19.509	-19.205
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-28.453	-23.897	-20.860	-16.304	-13.266	-8.710	-5.673	-1.117	1.921

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	2.110 m	3.517 m	5.628 m	7.035 m	9.145 m	10.552 m	12.663 m	14.070 m	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-118.17	-62.92	-31.44	7.78	28.58	51.77	61.89	69.06	68.49	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Q (Uso G1)	N	-28.706	-28.118	-27.726	-27.138	-26.746	-26.158	-25.766	-25.178	-24.786
	Vy		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz		-36.721	-30.841	-26.921	-21.041	-17.121	-11.241	-7.321	-1.441	2.479	0.000
	Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My		-152.50	-81.21	-40.57	10.04	36.89	66.82	79.88	89.12	88.39	0.000
	Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	V(0°) H1	N	25.085	25.085	25.085	25.085	25.085	25.085	25.085	25.085	25.085	25.085
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	47.938	34.242	29.138	22.373	17.864	11.099	6.589	-0.175	-4.685	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	182.23	95.51	51.29	-3.07	-31.37	-61.94	-74.38	-81.15	-77.73	0.000
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	V(0°) H2	N	12.905	12.905	12.905	12.905	12.905	12.905	12.905	12.905	12.905	12.905
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	10.305	10.471	10.582	10.748	10.859	11.025	11.136	11.302	11.413	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	102.85	80.93	66.12	43.61	28.41	5.32	-10.27	-33.95	-49.93	0.000
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	V(90°) H1	N	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897
Vy		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Vz		41.916	34.985	30.364	23.434	18.813	11.882	7.262	0.331	-4.290	0.000	
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		173.20	92.05	46.08	-10.69	-40.41	-72.80	-86.27	-94.28	-91.50	0.000	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
V(180°) H1	N	25.516	25.516	25.516	25.516	25.516	25.516	25.516	25.516	25.516	25.516	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	36.431	29.583	25.018	18.170	13.605	6.757	2.192	-1.269	-0.375	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	123.78	54.12	15.70	-29.87	-52.22	-73.71	-80.01	-78.88	-77.73	0.000	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
V(180°) H2	N	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	29.694	23.179	18.835	12.319	7.976	1.460	-2.883	-9.399	-13.742	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	62.29	6.49	-23.06	-55.94	-70.21	-80.17	-79.17	-66.21	-49.93	0.000	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
V(270°) H1	N	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	41.916	34.985	30.364	23.434	18.813	11.882	7.262	0.331	-4.290	0.000	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	2.110 m	3.517 m	5.628 m	7.035 m	9.145 m	10.552 m	12.663 m	14.070 m	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	173.20	92.05	46.08	-10.69	-40.41	-72.80	-86.27	-94.28	-91.50	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-16.781	-16.437	-16.208	-15.864	-15.635	-15.291	-15.062	-14.719	-14.489	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-21.467	-18.029	-15.738	-12.301	-10.009	-6.572	-4.280	-0.843	1.449	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-89.15	-47.47	-23.72	5.87	21.56	39.06	46.69	52.10	51.67	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-12.271	-12.099	-11.984	-11.812	-11.698	-11.526	-11.411	-11.239	-11.125	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-12.949	-11.230	-10.085	-8.366	-7.220	-5.502	-4.356	-2.637	-1.491	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-62.83	-37.32	-22.32	-2.85	8.11	21.54	28.47	35.85	38.76	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	-12.901	-12.557	-12.328	-11.984	-11.755	-11.411	-11.182	-10.838	-10.609	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-19.251	-15.814	-13.522	-10.085	-7.793	-4.356	-2.064	1.373	3.665	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-70.89	-33.89	-13.25	11.66	24.23	37.05	41.57	42.30	38.76	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

6.3 Flechas

Referencias:

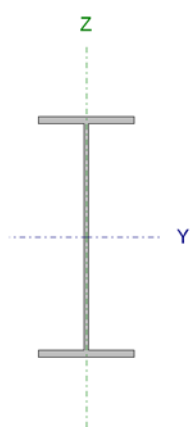
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N26/N27	10.000	2.72	10.000	38.33	10.000	5.24	10.000	76.05
	10.000	L/(>1000)	10.000	L/260.9	10.000	L/(>1000)	10.000	L/260.9
N27/N30	5.628	0.00	7.738	20.73	5.628	0.00	8.442	40.28
	-	L/(>1000)	7.738	L/678.6	-	L/(>1000)	7.738	L/678.6

6.4 Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N26/N84

Perfil: IPE 500 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)	
N26	N84	6.710	116.00	48200.00	2142.00	89.30	
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	0.70	2.01	0.00	0.00		
	L _K	4.697	13.470	0.000	0.000		
	C _m	1.000	0.900	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

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

$\bar{\lambda}$: 1.22 ✓

Donde:

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

Clase : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 109.14 cm²

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

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 2012.32 kN

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

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

N_{cr,y} : 5505.93 kN

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

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

N_{cr,z} : 2012.32 kN

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$I_y : 48200.00 \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : 2142.00 \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 89.30 \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : 1249000.00 \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : 13.470 \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : 4.697 \text{ m}$$

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

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

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

$$i_0 : 20.83 \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : 20.38 \text{ cm}$$

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

$$i_z : 4.30 \text{ cm}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$45.88 \leq 279.81 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : 468.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 10.20 \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : 47.74 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : 32.00 \text{ cm}^2$$

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

$$k : 0.30$$

E : Módulo de elasticidad.

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

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

$$f_{yf} : 275.00 \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N84, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{42.15} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{3038.10} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{116.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

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

$$\eta : \underline{0.103} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{137.97 \text{ kN}}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2858.40 \text{ kN}}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{109.14 \text{ cm}^2}$$

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{1334.08 \text{ kN}}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{109.14 \text{ cm}^2}$$

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.

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

$$\chi_y : \underline{0.83}$$

$$\chi_z : \underline{0.47}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.83}$$

$$\phi_z : \underline{1.42}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.74}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.22}$$

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

$$N_{cr} : \underline{2012.32 \text{ kN}}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{5505.93} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{2012.32} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.468} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{269.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{268.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{574.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{2194.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

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

$M_{Ed}^+ : \underline{0.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

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

$M_{Ed}^- : \underline{1.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

$M_{c,Rd} : \underline{88.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,z} : \underline{336.00} \text{ cm}^3$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.097} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$V_{Ed} : \underline{74.74} \text{ kN}$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{771.18} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{51.00} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{500.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{10.20} \text{ mm}$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 45.88 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{45.88}$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{1032.23} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{68.26} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{116.00} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \underline{468.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{10.20} \text{ mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 74.74 \text{ kN} \leq 385.59 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{74.74} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{771.18} \text{ kN}$$

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

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

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

$$0.22 \text{ kN} \leq 516.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{1032.23} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.485} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.446} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.294} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{50.28} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{268.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{0.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{3038.10} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{574.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{88.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{116.00} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2194.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{336.00} \text{ cm}^3$$

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.

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

$$k_y : \underline{1.01}$$

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

$$k_z : \underline{1.05}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{0.90}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.82}$$

$$\chi_z : \underline{0.45}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.76}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.26}$$

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

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

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

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

$$74.74 \text{ kN} \leq 385.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{74.74} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{771.03} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP-SX-0.3·SY.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : \underline{8.44} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{55.81} \text{ cm}^3$$

 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.291 m del nudo N26, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

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

$$V_{Ed} : \underline{19.30} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{763.17} \text{ kN}$$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{771.18} \text{ kN}$

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{3.90} \text{ MPa}$

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

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{55.81} \text{ cm}^3$

 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N26, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

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

$V_{Ed} : \underline{0.15} \text{ kN}$

 $M_{T,Ed}$: 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:

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

$V_{pl,T,Rd} : \underline{1032.03} \text{ kN}$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{1032.23} \text{ kN}$

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$

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

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{55.81} \text{ cm}^3$

 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.

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

Barra N84/N27

Perfil: IPE 500 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)
N84	N27	3.290	116.00	48200.00	2142.00	89.30
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	0.70	4.09	0.00	0.00		
L _k	2.303	13.470	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.900	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.74 ✓

Donde:

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

Clase : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 109.14 cm²

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

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5505.93 kN

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

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

N_{cr,y} : 5505.93 kN

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

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

N_{cr,z} : 8370.49 kN

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{48200.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{2142.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{89.30} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{1249000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \underline{13.470} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{2.303} \text{ m}$$

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

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

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

$$i_0 : \underline{20.83} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{20.38} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.30} \text{ cm}$$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$45.88 \leq 279.81 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{468.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.20} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{47.74} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{32.00} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

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

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

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{49.84} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{3038.10} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{116.00} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.040} \quad \checkmark$$

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{113.29} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2858.40} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{109.14} \text{ cm}^2$$

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{2369.65} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{109.14} \text{ cm}^2$$

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.

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

$$\chi_y : \underline{0.83}$$

$$\chi_z : \underline{0.84}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.83}$$

$$\phi_z : \underline{0.75}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

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

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.74}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.60}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5505.93} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{5505.93} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{8370.49} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.676} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{388.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{178.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{574.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{2194.00} \text{ cm}^3$$

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 (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 el nudo N27, para la combinación de acciones PP+SX+0.3·SY.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones PP-SX-0.3·SY.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{88.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{336.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$V_{Ed} : \underline{63.42} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{771.18} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{51.00} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{500.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.20} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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:

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

$$45.88 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{45.88}$$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (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 PP+0.3·Q1(B)-SX-0.3·SY.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.24} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{1032.23} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{68.26} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{116.00} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \underline{468.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{10.20} \text{ mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 63.42 \text{ kN} \leq 385.59 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{63.42} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{771.18} \text{ kN}$$

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

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

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

$$0.24 \text{ kN} \leq 516.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)-SX-0.3·SY.

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.24} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{ Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{1032.23} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta: \underline{0.709} \quad \checkmark$$

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

$$\eta: \underline{0.663} \quad \checkmark$$

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

$$\eta: \underline{0.414} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$: <u>102.04</u> kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+$: <u>388.27</u> kN·m $M_{z,Ed}^+$: <u>0.00</u> kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$: <u>3038.10</u> kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$: <u>574.62</u> kN·m $M_{pl,Rd,z}$: <u>88.00</u> kN·m

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

A: Área de la sección bruta.	A : <u>116.00</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>2194.00</u> cm ³
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	W_{pl,z} : <u>336.00</u> cm ³
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	f_{vd} : <u>261.90</u> MPa
Siendo:	
f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : <u>275.00</u> MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z: Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.02</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>1.03</u>
C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>0.90</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.	χ_y : <u>0.82</u>
	χ_z : <u>0.83</u>
λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>0.76</u>
	λ̄_z : <u>0.62</u>
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>
	α_z : <u>0.60</u>

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

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 63.42 \text{ kN} \leq 381.72 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed,z} : <u>63.42</u> kN
V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd,z} : <u>763.44</u> kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.851 m del nudo N84, para la combinación de acciones PP-SX-0.3·SY.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : \underline{8.44} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{55.81} \text{ cm}^3$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.028 m del nudo N84, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

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

$$V_{Ed} : \underline{19.30} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{763.13} \text{ kN}$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{pl,Rd} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{pl,Rd} &: \underline{771.18} \text{ kN} \\ \tau_{T,Ed} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{T,Ed} &: \underline{3.92} \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

Siendo:

$$\begin{aligned} W_T &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & W_T &: \underline{55.81} \text{ cm}^3 \\ f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \underline{261.90} \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

Siendo:

$$\begin{aligned} f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{Mo} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{Mo} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N84, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.23} \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed}: \underline{0.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd}: \underline{1021.88} \text{ kN}$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{pl,Rd} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{pl,Rd} &: \underline{1032.23} \text{ kN} \\ \tau_{T,Ed} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{T,Ed} &: \underline{3.77} \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

Siendo:

$$\begin{aligned} W_T &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & W_T &: \underline{55.81} \text{ cm}^3 \\ f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \underline{261.90} \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

Siendo:

$$\begin{aligned} f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{Mo} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{Mo} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

Barra N27/N30

Perfil: IPE 450 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)
N27	N30	14.070	98.80	33740.00	1676.00	66.90
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	1.99	0.00	0.00	
L _k		0.000	28.000	0.000	0.000	
C _m		1.000	0.900	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

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

$\bar{\lambda}$: 1.70 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 93.67 cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 891.97 kN

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

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y} :** 891.97 kN

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

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

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

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

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

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>33740.00</u> cm4
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>1676.00</u> cm4
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>66.90</u> cm4
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>791000.00</u> cm6
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>28.000</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>0.000</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>18.93</u> cm

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

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>18.48</u> cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	i_z : <u>4.12</u> cm
	y_0 : <u>0.00</u> mm
	z_0 : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$44.77 \leq 273.56 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>420.80</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>9.40</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>39.56</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>27.74</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N30, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{48.98} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{2587.62} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.099} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{73.09} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2453.21} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{735.06} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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.

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

$$\chi_y : \underline{0.30}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{2.10}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

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

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.70}$$

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

$$N_{cr} : \underline{891.97} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{891.97} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.871} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{178.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{388.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{445.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.094} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N30, para la combinación de acciones PP+SX+0.3·SY.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{6.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N30, para la combinación de acciones PP-SX-0.3·SY.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{6.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{72.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{276.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.146} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$V_{Ed} : \underline{93.49} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{639.62} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{42.30} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{450.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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:

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

$$44.77 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{44.77}$$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (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 PP-SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.50 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd}: \underline{895.85} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 59.24 cm²

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 98.80 cm²

d : Altura del alma. d : 420.80 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 9.40 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

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

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 93.49 \text{ kN} \leq 319.81 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 93.49 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 639.62 kN

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

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

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

$$0.50 \text{ kN} \leq 447.92 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.50} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{ Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{895.85} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.899} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.945} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.536} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{73.09} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^- : \underline{388.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{2587.62} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{445.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{72.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

A: Área de la sección bruta.	A : <u>98.80</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>1702.00</u> cm ³
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	W_{pl,z} : <u>276.00</u> cm ³
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	f_{vd} : <u>261.90</u> MPa
Siendo:	
f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : <u>275.00</u> MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z: Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.08</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>0.90</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.	χ_y : <u>0.29</u>
	χ_z : <u>1.00</u>
λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>1.75</u>
	λ̄_z : <u>0.00</u>
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>
	α_z : <u>0.60</u>

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

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 93.49 \text{ kN} \leq 307.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed,z} : <u>93.49</u> kN
V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd,z} : <u>614.13</u> kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.098} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP-SX-0.3-SY.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : \underline{6.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.046} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N27, para la combinación de acciones PP+0.3-Q1(B)+SX-0.3-SY.

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

$$V_{Ed} : \underline{28.45} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{614.13} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{639.62} \text{ kN}$$

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{14.76} \text{ MPa}$

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

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N27, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

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

$V_{Ed} : \underline{0.50} \text{ kN}$

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

$M_{T,Ed} : \underline{0.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

$V_{pl,T,Rd} : \underline{860.15} \text{ kN}$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{895.85} \text{ kN}$

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{14.76} \text{ MPa}$

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

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

7 PÓRTICO DE FACHADA NORTE

Se trata de una estructura de nuevo simétrica, por lo que se comprueban la barras que componen el pilar central, dado que se trata de las barras más largas que componen los pilares de fachada y por tanto más susceptibles de pandeo, barras N69-N73 y N73-N5. Y por otro lado la jácena derecha N5-N66-N2.

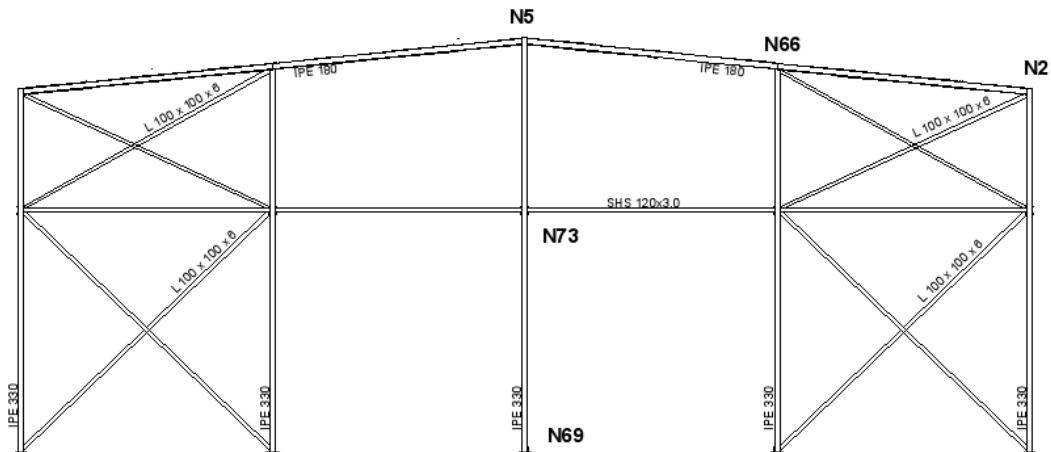


Ilustración 3. Pórtico fachada norte.

7.1 CARGAS

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N2/N66	Peso propio	Uniforme	0.184	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N66	Peso propio	Triangular Izq.	0.082	-	0.000	7.035	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N66	Peso propio	Uniforme	0.704	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N66	Q (Uso G1)	Uniforme	1.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N66	V(0°) H1	Faja	4.394	-	0.000	2.292	Globales	0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(0°) H1	Faja	0.112	-	0.000	2.292	Globales	-0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(0°) H1	Faja	1.603	-	2.292	7.035	Globales	0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(0°) H1	Trapezoidal	0.297	0.023	0.000	4.583	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(0°) H1	Trapezoidal	0.024	0.059	0.000	4.583	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(0°) H1	Triangular Izq.	0.077	-	4.583	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(0°) H2	Trapezoidal	0.297	0.023	0.000	4.583	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(0°) H2	Trapezoidal	0.024	0.059	0.000	4.583	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(0°) H2	Triangular Izq.	0.077	-	4.583	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(0°) H2	Faja	0.038	-	0.000	2.292	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N2/N66	V(0°) H2	Faja	0.001	-	0.000	2.292	Globales	0.000	0.100	-0.995
N2/N66	V(0°) H2	Faja	0.039	-	2.292	7.035	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N2/N66	V(90°) H1	Faja	2.384	-	0.000	5.729	Globales	0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(90°) H1	Triangular Izq.	0.193	-	0.000	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N2/N66	V(90°) H1	Faja	1.963	-	5.729	7.035	Globales	0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(90°) H1	Uniforme	0.872	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(180°) H1	Uniforme	1.622	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(180°) H1	Trapezoidal	0.010	0.051	0.000	5.226	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(180°) H1	Faja	0.028	-	5.226	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(180°) H1	Trapezoidal	0.132	0.010	0.000	5.226	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(180°) H2	Trapezoidal	0.010	0.051	0.000	5.226	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(180°) H2	Faja	0.028	-	5.226	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(180°) H2	Trapezoidal	0.132	0.010	0.000	5.226	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	V(180°) H2	Uniforme	1.544	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(270°) H1	Uniforme	1.642	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N2/N66	V(270°) H1	Triangular Izq.	0.083	-	0.000	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N2/N66	N(EI)	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N66	N(R) 1	Uniforme	0.409	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N66	N(R) 2	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N66/N5	Peso propio	Uniforme	0.184	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N66/N5	Peso propio	Triangular Izq.	0.082	-	0.000	7.035	Globales	0.000	0.000	-1.000
N66/N5	Peso propio	Uniforme	0.704	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N66/N5	Q (Uso G1)	Uniforme	1.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N66/N5	V(0°) H1	Uniforme	1.603	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N66/N5	V(0°) H1	Triangular Izq.	0.220	-	0.000	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N66/N5	V(0°) H2	Triangular Izq.	0.220	-	0.000	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N66/N5	V(0°) H2	Uniforme	0.039	-	-	-	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N66/N5	V(90°) H1	Uniforme	0.872	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N66/N5	V(90°) H1	Triangular Izq.	0.193	-	0.000	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N66/N5	V(90°) H1	Uniforme	1.963	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N66/N5	V(180°) H1	Faja	0.318	-	4.755	7.035	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N66/N5	V(180°) H1	Faja	1.622	-	0.000	4.755	Globales	0.000	-0.100	0.995
N66/N5	V(180°) H1	Triangular Izq.	0.220	-	0.000	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N66/N5	V(180°) H2	Faja	1.544	-	4.755	7.035	Globales	0.000	-0.100	0.995
N66/N5	V(180°) H2	Triangular Izq.	0.220	-	0.000	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N66/N5	V(180°) H2	Faja	1.544	-	0.000	4.755	Globales	0.000	-0.100	0.995
N66/N5	V(270°) H1	Uniforme	1.642	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N66/N5	V(270°) H1	Triangular Izq.	0.083	-	0.000	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N66/N5	N(EI)	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N66/N5	N(R) 1	Uniforme	0.409	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N66/N5	N(R) 2	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N69/N73	Peso propio	Uniforme	0.482	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N69/N73	Peso propio	Uniforme	1.639	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N69/N73	V(0°) H1	Uniforme	4.431	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N69/N73	V(0°) H2	Uniforme	4.431	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N69/N73	V(90°) H1	Uniforme	3.877	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N69/N73	V(180°) H1	Uniforme	4.431	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N69/N73	V(180°) H2	Uniforme	4.431	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N69/N73	V(270°) H1	Uniforme	1.662	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	Peso propio	Uniforme	0.482	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N5	Peso propio	Faja	1.639	-	0.000	3.990	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N5	Peso propio	Triangular Izq.	1.639	-	3.990	4.690	Globales	0.000	0.000	-1.000
N73/N5	V(0°) H1	Faja	4.431	-	0.000	3.990	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(0°) H1	Triangular Izq.	4.431	-	3.990	4.690	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(0°) H2	Faja	4.431	-	0.000	3.990	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(0°) H2	Triangular Izq.	4.431	-	3.990	4.690	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(90°) H1	Faja	3.877	-	0.000	3.990	Globales	1.000	0.000	0.000
N73/N5	V(90°) H1	Triangular Izq.	3.877	-	3.990	4.690	Globales	1.000	0.000	0.000
N73/N5	V(180°) H1	Faja	4.431	-	0.000	3.990	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(180°) H1	Triangular Izq.	4.431	-	3.990	4.690	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(180°) H2	Faja	4.431	-	0.000	3.990	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(180°) H2	Triangular Izq.	4.431	-	3.990	4.690	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(270°) H1	Faja	1.662	-	0.000	3.990	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N73/N5	V(270°) H1	Triangular Izq.	1.662	-	3.990	4.690	Globales	-1.000	-0.000	-0.000

7.2 Esfuerzos

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m
N2/N66	Peso propio	N	-0.240	-0.139	-0.072	0.027	0.092	0.189	0.253	0.348	0.410
		Vy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Vz	-2.467	-1.455	-0.787	0.203	0.856	1.826	2.465	3.413	4.037
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	2.07	2.86	3.16	2.79	1.37	-0.13	-3.24	-5.86
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
	Q 1 (Uso B)	N	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-0.358	-0.211	-0.113	0.034	0.132	0.279	0.377	0.524	0.622
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-3.651	-2.181	-1.201	0.269	1.249	2.719	3.699	5.169	6.149
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	3.08	4.27	4.76	4.22	2.13	-0.13	-4.81	-8.79
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193
		Vy	0.596	0.286	0.112	-0.101	-0.211	-0.327	-0.374	-0.415	-0.422
		Vz	9.508	4.754	1.584	-1.654	-2.781	-4.472	-5.600	-7.291	-8.419
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-7.52	-9.75	-9.31	-7.75	-3.93	-0.38	6.42	11.94
		Mz	0.00	-0.46	-0.60	-0.60	-0.49	-0.20	0.05	0.47	0.76
V(0°) H2	N	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	
	Vy	0.596	0.286	0.112	-0.101	-0.211	-0.327	-0.374	-0.414	-0.422	
	Vz	-0.125	-0.084	-0.056	-0.015	0.013	0.055	0.082	0.124	0.152	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.11	0.16	0.20	0.20	0.16	0.11	0.00	-0.09	
	Mz	0.00	-0.46	-0.60	-0.60	-0.49	-0.20	0.05	0.47	0.76	
V(90°) H1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Vy	20.527	20.527	20.527	20.527	20.527	20.527	20.527	20.527	20.527	
	Vz	-0.375	-0.187	-0.078	0.059	0.134	0.220	0.261	0.296	0.303	
	Mt	8.719	5.283	2.992	-0.445	-2.736	-6.173	-8.464	11.647	13.642	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	-7.39	-10.30	-11.64	-10.52	-5.82	-0.67	9.99	18.89	
V(180°) H1	N	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	
	Vy	0.294	0.153	0.069	-0.044	-0.109	-0.192	-0.236	-0.266	-0.286	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m
		Vz	4.422	2.710	1.569	-0.143	-1.285	-2.997	-4.138	-5.850	-6.991
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-3.76	-5.27	-6.02	-5.52	-3.26	-0.75	4.52	9.04
		Mz	0.00	-0.23	-0.31	-0.32	-0.27	-0.11	0.04	0.31	0.50
	V(180°) H2	N	-0.577	-0.577	-0.577	-0.577	-0.577	-0.577	-0.577	-0.577	-0.577
		Vy	0.294	0.153	0.069	-0.043	-0.108	-0.192	-0.236	-0.266	-0.286
		Vz	4.060	2.431	1.345	-0.284	-1.369	-2.998	-4.084	-5.713	-6.799
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-3.42	-4.75	-5.31	-4.73	-2.43	0.06	5.23	9.63
		Mz	0.00	-0.23	-0.31	-0.32	-0.27	-0.11	0.04	0.31	0.50
	V(270°) H1	N	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555
		Vy	0.160	0.080	0.033	-0.026	-0.058	-0.095	-0.112	-0.127	-0.130
		Vz	4.306	2.574	1.419	-0.314	-1.469	-3.202	-4.357	-6.090	-7.245
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-3.63	-5.03	-5.62	-4.99	-2.53	0.13	5.65	10.34
		Mz	0.00	-0.13	-0.17	-0.17	-0.14	-0.06	0.02	0.14	0.23
	N(EI)	N	-0.209	-0.123	-0.066	0.020	0.077	0.163	0.220	0.306	0.364
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.134	-1.275	-0.702	0.157	0.730	1.590	2.162	3.022	3.595
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	1.80	2.49	2.78	2.47	1.25	-0.07	-2.81	-5.14
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-0.194	-0.151	-0.122	-0.079	-0.051	-0.008	0.021	0.064	0.092
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vz		-1.063	-0.633	-0.347	0.083	0.369	0.799	1.085	1.515	1.801	
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		0.00	0.89	1.24	1.38	1.22	0.60	-0.06	-1.43	-2.60	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 2	N	-0.120	-0.034	0.023	0.109	0.167	0.253	0.310	0.396	0.453	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-2.138	-1.279	-0.706	0.153	0.726	1.585	2.158	3.018	3.590	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	1.80	2.50	2.79	2.48	1.26	-0.05	-2.78	-5.11	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m
N66/N 5	Peso propio	N	0.218	0.319	0.386	0.485	0.550	0.647	0.711	0.806	0.869
		Vy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Vz	-4.087	-3.075	-2.408	-1.417	-0.764	0.205	0.844	1.792	2.417
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-5.54	-1.76	0.17	2.18	2.95	3.24	2.87	1.48	0.00
		Mz	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m	
	Q 1 (Uso B)	N	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	0.212	0.359	0.457	0.604	0.702	0.849	0.947	1.094	1.192	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-6.092	-4.622	-3.642	-2.172	-1.192	0.278	1.258	2.728	3.708	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-8.39	-2.73	0.17	3.24	4.42	4.91	4.37	2.26	0.00	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	28.376	28.376	28.376	28.376	28.376	28.376	28.376	28.376	28.376	28.376
		Vy	0.623	0.408	0.284	0.127	0.041	-0.058	-0.104	-0.145	-0.153	
		Vz	7.257	5.566	4.438	2.747	1.620	-0.071	-1.199	-2.890	-4.017	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	11.40	4.63	1.11	-2.68	-4.22	-5.03	-4.59	-2.43	0.00	
		Mz	0.74	0.20	-0.04	-0.25	-0.31	-0.30	-0.24	-0.11	0.00	
V(0°) H2	N	27.557	27.557	27.557	27.557	27.557	27.557	27.557	27.557	27.557	27.557	
	Vy	0.623	0.408	0.284	0.127	0.041	-0.058	-0.104	-0.145	-0.153		
	Vz	-0.195	-0.153	-0.125	-0.084	-0.056	-0.015	0.013	0.055	0.082		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-0.39	-0.21	-0.11	0.00	0.05	0.08	0.08	0.05	0.00		
	Mz	0.74	0.20	-0.04	-0.25	-0.31	-0.30	-0.24	-0.11	0.00		
V(90°) H1	N	25.971	25.971	25.971	25.971	25.971	25.971	25.971	25.971	25.971	25.971	
	Vy	-0.542	-0.353	-0.245	-0.107	-0.033	0.054	0.095	0.130	0.137		
	Vz	12.590	9.597	7.602	4.610	2.615	-0.378	-2.373	-5.365	-7.360		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	18.39	6.69	0.64	-5.81	-8.35	-9.53	-8.56	-4.48	0.00		
	Mz	-0.63	-0.16	0.05	0.23	0.28	0.27	0.22	0.09	0.00		
V(180°) H1	N	26.391	26.391	26.391	26.391	26.391	26.391	26.391	26.391	26.391	26.391	
	Vy	0.616	0.401	0.277	0.120	0.034	-0.065	-0.111	-0.152	-0.160		
	Vz	6.204	4.492	3.350	1.638	0.497	-1.215	-1.345	-1.010	-0.786		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	8.54	2.90	0.14	-2.49	-3.25	-2.87	-1.87	-0.63	0.00		
	Mz	0.70	0.16	-0.07	-0.28	-0.33	-0.32	-0.25	-0.11	0.00		
V(180°) H2	N	25.323	25.323	25.323	25.323	25.323	25.323	25.323	25.323	25.323	25.323	
	Vy	0.616	0.401	0.277	0.120	0.034	-0.065	-0.111	-0.152	-0.160		
	Vz	6.758	5.129	4.044	2.415	1.329	-0.300	-1.386	-3.015	-4.101		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	9.35	3.08	-0.15	-3.56	-4.88	-5.42	-4.82	-2.50	0.00		
	Mz	0.70	0.16	-0.08	-0.28	-0.33	-0.32	-0.25	-0.11	0.00		
V(270°) H1	N	11.933	11.933	11.933	11.933	11.933	11.933	11.933	11.933	11.933	11.933	
	Vy	0.232	0.152	0.105	0.046	0.014	-0.023	-0.040	-0.056	-0.059		

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m
		Vz	7.180	5.448	4.292	2.560	1.405	-0.328	-1.483	-3.216	-4.371
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	9.88	3.22	-0.21	-3.82	-5.22	-5.79	-5.15	-2.67	0.00
		Mz	0.27	0.07	-0.02	-0.10	-0.12	-0.12	-0.09	-0.04	0.00
	N(EI)	N	0.124	0.210	0.267	0.353	0.410	0.496	0.554	0.639	0.697
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-3.561	-2.702	-2.129	-1.270	-0.697	0.162	0.735	1.595	2.168
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-4.90	-1.60	0.10	1.89	2.59	2.87	2.55	1.32	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.118	0.161	0.190	0.233	0.261	0.304	0.333	0.376	0.404
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.777	-1.347	-1.061	-0.631	-0.345	0.085	0.372	0.801	1.088
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.42	-0.78	0.07	0.96	1.31	1.44	1.28	0.66	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.109	0.195	0.252	0.338	0.396	0.482	0.539	0.625	0.682
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-3.565	-2.706	-2.133	-1.274	-0.701	0.159	0.731	1.591	2.164
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-4.93	-1.62	0.08	1.88	2.57	2.86	2.55	1.32	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m
N69/N73	Peso propio	N	-29.779	-28.000	-26.220	-24.441	-22.662	-20.882	-19.103	-17.324	-15.544
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-6.64	-6.15	-5.66	-5.17	-4.68	-4.20	-3.71	-3.22	-2.73
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-8.44	-7.81	-7.19	-6.57	-5.95	-5.33	-4.71	-4.09	-3.47
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330
		Vy	-0.371	-0.371	-0.371	-0.371	-0.371	-0.371	-0.371	-0.371	-0.371
		Vz	32.608	28.891	25.175	21.458	17.741	14.025	10.308	6.591	2.875

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	84.15	58.36	35.69	16.13	-0.31	-13.63	-23.83	-30.92	-34.89	
		Mz	-0.77	-0.46	-0.15	0.17	0.48	0.79	1.10	1.41	1.72	
	V(0°) H2	N	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957
		Vy	-0.722	-0.722	-0.722	-0.722	-0.722	-0.722	-0.722	-0.722	-0.722	-0.722
		Vz	32.304	28.588	24.871	21.154	17.438	13.721	10.005	6.288	2.571	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	80.70	55.16	32.74	13.44	-2.75	-15.81	-25.76	-32.60	-36.31	
		Mz	-1.54	-0.93	-0.32	0.28	0.89	1.49	2.10	2.70	3.31	
	V(90°) H1	N	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-27.066	-23.814	-20.562	-17.310	-14.058	-10.806	-7.554	-4.301	-1.049	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-56.92	-35.59	-16.98	-1.09	12.06	22.49	30.19	35.16	37.40	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330
		Vy	0.371	0.371	0.371	0.371	0.371	0.371	0.371	0.371	0.371	0.371
		Vz	32.608	28.891	25.175	21.458	17.741	14.025	10.308	6.591	2.875	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	84.15	58.36	35.69	16.13	-0.31	-13.63	-23.83	-30.92	-34.89	
		Mz	0.77	0.46	0.15	-0.17	-0.48	-0.79	-1.10	-1.41	-1.72	
	V(180°) H2	N	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957
		Vy	0.722	0.722	0.722	0.722	0.722	0.722	0.722	0.722	0.722	0.722
		Vz	32.304	28.588	24.871	21.154	17.438	13.721	10.005	6.288	2.571	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	80.70	55.16	32.74	13.44	-2.75	-15.81	-25.76	-32.60	-36.31	
		Mz	1.54	0.93	0.32	-0.28	-0.89	-1.49	-2.10	-2.70	-3.31	
V(270°) H1	N	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	12.825	11.431	10.037	8.644	7.250	5.856	4.462	3.069	1.675		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	38.36	28.19	19.19	11.35	4.69	-0.81	-5.14	-8.29	-10.28		
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(EI)	N	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-4.93	-4.57	-4.21	-3.84	-3.48	-3.12	-2.75	-2.39	-2.03		
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 1	N	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	
	Vy	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	
	Vz	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-3.70	-3.43	-3.15	-2.88	-2.61	-2.34	-2.07	-1.79	-1.52		
	Mz	0.08	0.05	0.02	-0.01	-0.05	-0.08	-0.11	-0.14	-0.18		
N(R) 2	N	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	
	Vy	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	
	Vz	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-3.70	-3.43	-3.15	-2.88	-2.61	-2.34	-2.07	-1.79	-1.52		
	Mz	-0.08	-0.05	-0.02	0.01	0.05	0.08	0.11	0.14	0.18		

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.469 m	1.173 m	1.642 m	2.345 m	3.049 m	3.518 m	4.221 m	4.690 m
N73/N5	Peso propio	N	-	-	-	-	-9.825	-8.333	-7.338	-5.908	-5.424
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582	-0.582
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.73	-2.46	-2.05	-1.77	-1.37	-0.96	-0.68	-0.27	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700	-7.700
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740	-0.740
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-3.47	-3.12	-2.60	-2.26	-1.74	-1.21	-0.87	-0.35	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330
		Vy	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367
		Vz	2.875	0.797	-2.321	-4.399	-7.516	-	-	-	-
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-34.89	-35.75	-35.21	-33.64	-29.45	-23.06	-17.59	-7.56	0.00
		Mz	1.72	1.55	1.29	1.12	0.86	0.60	0.43	0.17	0.00
V(0°) H2	N	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	
	Vy	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	
	Vz	2.571	0.493	-2.624	-4.702	-7.820	-	-	-	-	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-36.31	-37.03	-36.28	-34.56	-30.16	-23.56	-17.94	-7.70	0.00	
	Mz	3.31	2.98	2.48	2.15	1.65	1.16	0.83	0.33	0.00	
V(90°) H1	N	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	19.828	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-1.049	0.769	3.497	5.315	8.043	10.770	12.589	15.169	15.778	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	37.40	37.47	35.97	33.90	29.20	22.59	17.11	7.30	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(180°) H1	N	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	-2.330	
	Vy	-0.367	-0.367	-0.367	-0.367	-0.367	-0.367	-0.367	-0.367	-0.367	
	Vz	2.875	0.797	-2.321	-4.399	-7.516	-	-	-	-	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.469 m	1.173 m	1.642 m	2.345 m	3.049 m	3.518 m	4.221 m	4.690 m
		My	-34.89	-35.75	-35.21	-33.64	-29.45	-23.06	-17.59	-7.56	0.00
		Mz	-1.72	-1.55	-1.29	-1.12	-0.86	-0.60	-0.43	-0.17	0.00
	V(180°) H2	N	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957	-2.957
		Vy	-0.706	-0.706	-0.706	-0.706	-0.706	-0.706	-0.706	-0.706	-0.706
		Vz	2.571	0.493	-2.624	-4.702	-7.820	10.937	13.015	15.964	16.660
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-36.31	-37.03	-36.28	-34.56	-30.16	-23.56	-17.94	-7.70	0.00
		Mz	-3.31	-2.98	-2.48	-2.15	-1.65	-1.16	-0.83	-0.33	0.00
	V(270°) H1	N	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768	5.768
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	1.675	0.896	-0.273	-1.053	-2.222	-3.391	-4.170	-5.276	-5.537
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-10.28	-10.89	-11.11	-10.79	-9.64	-7.67	-5.90	-2.56	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501	-4.501
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433	-0.433
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.03	-1.83	-1.52	-1.32	-1.01	-0.71	-0.51	-0.20	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N(R) 1	N	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	
	Vy	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	
	Vz	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-1.52	-1.37	-1.14	-0.99	-0.76	-0.53	-0.38	-0.15	0.00	
	Mz	-0.18	-0.16	-0.13	-0.11	-0.09	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	
N(R) 2	N	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	-3.376	
	Vy	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	
	Vz	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	-0.324	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-1.52	-1.37	-1.14	-0.99	-0.76	-0.53	-0.38	-0.15	0.00	
	Mz	0.18	0.16	0.13	0.11	0.09	0.06	0.04	0.02	0.00	

7.3 Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N2/N5	2.814	11.11	3.166	16.84	2.814	18.46	3.166	25.63
	2.814	L/(>1000)	2.814	L/521.2	2.814	L/(>1000)	2.814	L/521.2
N69/N5	6.291	18.75	6.710	16.58	6.291	37.50	6.710	33.02
	6.291	L/608.0	6.710	L/687.5	6.291	L/608.0	6.710	L/687.5

7.4 Comprobaciones E.L.U.

Barra N2/N66

Perfil: IPE 180 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud		Características mecánicas			
	Inicial	Final	(m)	Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
N2	N66	7.035	23.90	1317.00	101.00	4.79
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	7.035	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.950	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

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

$\bar{\lambda}$: 1.09 ✓

Donde:

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

Clase : 2

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

A : 23.90 cm²

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

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 551.55 kN

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

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

N_{cr,y} : 551.55 kN

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

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

N_{cr,z} : ∞

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

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

Donde:

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

I_y : 1317.00 cm⁴

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

I_z : 101.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 4.79 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 7430.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

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

L_{ky} : 7.035 m

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

L_{kz} : 0.000 m

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

L_{kt} : 0.000 m

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

i₀ : 7.70 cm

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

Siendo:

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

i_y : 7.42 cm

i_z : 2.06 cm

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

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$30.94 \leq 250.32 \quad \checkmark$$

Donde:

 h_w : Altura del alma.

h_w : 164.00 mm

 t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.30 mm

 A_w : Área del alma.

A_w : 8.69 cm²

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

$A_{fc,ef}$: 7.28 cm²

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

k : 0.30

 E : Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

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

f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$f_{yf} = f_y$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

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

$N_{t,Ed}$: 3.23 kN

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

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

$N_{t,Rd}$: 625.95 kN

Donde:

 A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 23.90 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_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{Mo} : 1.05**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

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

 η : 0.049 ✓

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

 η : 0.081 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

 $N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 30.50 kNLa resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

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

 $N_{c,Rd}$: 625.95 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.**Clase**: 2**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.**A**: 23.90 cm² **f_{yd}** : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

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

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{Mo} : 1.05**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

 $N_{b,Rd}$: 376.67 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.**A**: 23.90 cm² **f_{yd}** : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

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

$\gamma_{M1} : 1.05$

 χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$\chi_y : 0.60$

Siendo:

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

$\phi_y : 1.19$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.21$

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

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

$\bar{\lambda}_y : 1.09$

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

$N_{cr} : 551.55 \text{ kN}$

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

$N_{cr,y} : 551.55 \text{ kN}$

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

$N_{cr,z} : \infty$

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

$N_{cr,T} : \infty$

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.544 \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$M_{Ed}^+ : 23.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$M_{Ed}^- : 21.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

$M_{c,Rd} : 43.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,y}$: 166.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{Mo} : 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.126 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

M_{Ed}^+ : 1.14 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.

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

M_{Ed}^- : 0.82 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: 9.06 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,z}$: 34.60 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{Mo} : 1.05**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

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

 η : 0.119 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 17.23 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

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

 $V_{c,Rd}$: 144.26 kN

Donde:

 A_v : Área transversal a cortante. A_v : 9.54 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

 h : Canto de la sección. h : 180.00 mm t_w : Espesor del alma. t_w : 5.30 mm f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{Mo} : 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:

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

30.94 < 64.71 ✓

Donde:

 λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 30.94

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

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{\text{máx}} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

$$\lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

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

$$V_{\text{Ed}} : \underline{0.89} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{229.96} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{15.21} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{164.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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 (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 $V_{c,Rd}$.

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

$$10.18 \text{ kN} \leq 72.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.352 m del nudo N2, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{10.18} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{144.26} \text{ kN}$$

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

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

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

$$0.73 \text{ kN} \leq 114.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.352 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.73} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{229.96} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta: \underline{0.682} \quad \checkmark$$

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

$$\eta: \underline{0.683} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.468} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>29.98</u> kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : <u>23.65</u> kN·m M_{z,Ed}⁻ : <u>0.82</u> kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>625.95</u> kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : <u>43.48</u> kN·m M_{pl,Rd,z} : <u>9.06</u> kN·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : <u>23.90</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>166.00</u> cm ³ W_{pl,z} : <u>34.60</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.06}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{0.95}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.352 m del nudo N2, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$10.18 \text{ kN} \leq 72.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{10.18}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{144.26}{\quad} \text{ kN}$$

Barra N66/N5

Perfil: IPE 180 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N66	N5	7.035	23.90	1317.00	101.00	4.79
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	7.035	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.950	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

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

$\bar{\lambda}$: 1.09 ✓

Donde:

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

Clase : 2

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

A : 23.90 cm²

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

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 551.55 kN

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

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

N_{cr,y} : 551.55 kN

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

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

N_{cr,z} : ∞

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

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

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>1317.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>101.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>4.79</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>7430.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>7.035</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>0.000</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>7.70</u> cm

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

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>7.42</u> cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	i_z : <u>2.06</u> cm
	y_0 : <u>0.00</u> mm
	z_0 : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$30.94 \leq 250.32 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>164.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.30</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>8.69</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>7.28</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.071} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

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

$$N_{t,Ed} : \underline{44.26} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.062} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.102} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{38.51} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{625.95 \text{ kN}}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

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

$$A : \underline{23.90 \text{ cm}^2}$$

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{376.67 \text{ kN}}$$

Donde:

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

$$A : \underline{23.90 \text{ cm}^2}$$

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.

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

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{1.19}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$$

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

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

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

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

$$N_{cr} : \underline{551.55} \text{ kN}$$

$$N_{cr,v} : \underline{551.55} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.533} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{23.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{20.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{43.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.124} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$M_{Ed}^+ : \underline{1.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$M_{Ed}^- : \underline{0.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

$M_{c,Rd} : \underline{9.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,z} : \underline{34.60} \text{ cm}^3$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.108} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$V_{Ed} : \underline{15.61} \text{ kN}$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{144.26} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{9.54} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{180.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 30.94 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{30.94}$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.93} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd}: \underline{229.96} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v: \underline{15.21} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A: \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d: \underline{164.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w: \underline{5.30} \text{ mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd}: \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y: \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{Mo}: \underline{1.05}$$

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 15.61 \text{ kN} \leq 72.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{15.61} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{144.26} \text{ kN}$$

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

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

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

$$0.93 \text{ kN} \leq 114.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.93} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{ Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{229.96} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.698} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.712} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.493} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}: \underline{38.51} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+: \underline{23.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^-: \underline{0.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}: \underline{625.95} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en	$M_{pl,Rd,y}: \underline{43.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$

condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{9.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \text{ cm}^3$$

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.

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

$$k_y : \underline{1.08}$$

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

$$k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{0.95}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$15.61 \text{ kN} \leq 72.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{15.61} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{144.26} \text{ kN}$$

Barra N69/N73

Perfil: IPE 330 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N69	N73	6.710	62.60	11770.00	788.00	28.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	1.19	0.00	0.00		
L _K	4.697	7.980	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.550	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

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

$\bar{\lambda}$: 1.50 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : 60.78 cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 740.29 kN

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

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y}** : 3830.80 kN

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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}** : 740.29 kN

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

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

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{28.20} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \underline{7.980} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{4.697} \text{ m}$$

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

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

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

$$i_0 : \underline{14.16} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{13.71} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.55} \text{ cm}$$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$40.93 \leq 256.27 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{307.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{23.03} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{18.40} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

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

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

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N73, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{17.31} \text{ kN}$$

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

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

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

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

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

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

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

$$\eta : \underline{0.095} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N69, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{51.75} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1591.73} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{60.78} \text{ cm}^2$$

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{543.26} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{60.78} \text{ cm}^2$$

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.

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

$$\chi_y : \underline{0.87}$$

$$\chi_z : \underline{0.34}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.77}$$

$$\phi_z : \underline{1.85}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

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

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.66}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.50}$$

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

$$N_{cr} : \underline{740.29} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{3830.80} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{740.29} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.575} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N69, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(180°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{121.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N69, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{98.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.126} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N73, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{5.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N73, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{5.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.129} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N69, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(180°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{48.46} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{374.25} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 24.75 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. h : 330.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 7.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

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

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 40.93 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 40.93

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

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

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.11} \text{ kN}$$

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.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$48.46 \text{ kN} \leq 187.12 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{48.46} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{374.25} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.11 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.11} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.625} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.362} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.296} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N69, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{28.25} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{115.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{2.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

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_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.07}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{0.55}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.86}$$

$$\chi_z : \underline{0.33}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.67}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.52}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(180°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$48.46 \text{ kN} \leq 187.12 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{48.46} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{374.25} \text{ kN}$$

Barra N73/N5

Perfil: IPE 330 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N73	N5	4.690	62.60	11770.00	788.00	28.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.70	0.00	0.00		
L _K	4.690	7.980	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.550	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.50 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : 60.78 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 742.51 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y}** : 3830.80 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}** : 742.51 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T}** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{28.20} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{7.980} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{4.690} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{14.16} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{13.71} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.55} \text{ cm}$$

y_0 , z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$40.93 \leq 256.27 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{307.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{23.03} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{18.40} \text{ cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{25.41} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.058} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N73, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{31.53} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1591.73} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{60.78} \text{ cm}^2$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{544.57} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{60.78} \text{ cm}^2$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.87}$$

$$\chi_z : \underline{0.34}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.77}$$

$$\phi_z : \underline{1.85}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.66}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.50}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{742.51} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{3830.80} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{742.51} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.286} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.469 m del nudo N73, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{54.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.469 m del nudo N73, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{60.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.126} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N73, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{5.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N73, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{5.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.070} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{26.10} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{374.25} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{24.75} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{330.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 40.93 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{40.93}$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{1.09} \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

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. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 3.86 \text{ kN} \leq 187.12 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N73, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{3.86} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{374.25} \text{ kN}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.09 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N73, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{1.09} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{ Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{598.42} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta: \underline{0.424} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta: \underline{0.256} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta: \underline{0.278} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N73, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}: \underline{26.95} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}: \underline{59.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}: \underline{5.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}: \underline{1639.52} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en	$M_{pl,Rd,y}: \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$

condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.07}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{0.55}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.86}$$

$$\chi_z : \underline{0.33}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.67}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.52}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N73, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$3.86 \text{ kN} \leq 187.12 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{3.86} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{374.25} \text{ kN}$$

8 PÓRTICO DE FACHADA SUR

Sucede exactamente lo mismo que con el pórtico de fachada norte, sólo se han comprobado las barras que componen el pilar central, debido a que son las más susceptibles de pandeo (barra N59-N63 y N63-N55) y en este caso la jácena izquierda compuesta por las barras N52-N56 y N56-N55.

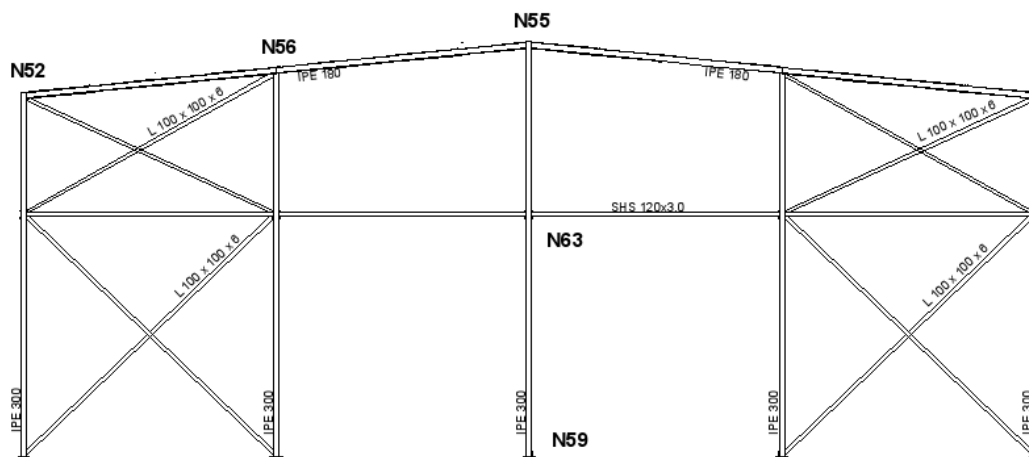


Ilustración 4. Pórtico fachada sur.

8.1 CARGAS

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.

- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Ejes	Dirección		
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)		X	Y	Z
N52/N56	Peso propio	Uniforme	0.184	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N56	Peso propio	Triangular Izq.	0.082	-	0.000	7.035	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N56	Peso propio	Uniforme	0.704	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N56	Q (Uso G1)	Uniforme	1.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N56	V(0°) H1	Faja	4.394	-	0.000	2.292	Globales	0.000	-0.100	0.995
N52/N56	V(0°) H1	Faja	0.112	-	0.000	2.292	Globales	-0.000	-0.100	0.995
N52/N56	V(0°) H1	Faja	1.603	-	2.292	7.035	Globales	0.000	-0.100	0.995
N52/N56	V(0°) H1	Trapezoidal	0.297	0.023	0.000	4.583	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(0°) H1	Trapezoidal	0.024	0.059	0.000	4.583	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(0°) H1	Triangular Izq.	0.077	-	4.583	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(0°) H2	Trapezoidal	0.297	0.023	0.000	4.583	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(0°) H2	Trapezoidal	0.024	0.059	0.000	4.583	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(0°) H2	Triangular Izq.	0.077	-	4.583	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(0°) H2	Faja	0.039	-	2.292	7.035	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N52/N56	V(0°) H2	Faja	0.001	-	0.000	2.292	Globales	0.000	0.100	-0.995
N52/N56	V(0°) H2	Faja	0.038	-	0.000	2.292	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N52/N56	V(90°) H1	Triangular Izq.	0.083	-	0.000	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(90°) H1	Uniforme	1.642	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N52/N56	V(180°) H1	Uniforme	1.622	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N52/N56	V(180°) H1	Trapezoidal	0.010	0.051	0.000	5.226	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(180°) H1	Faja	0.028	-	5.226	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(180°) H1	Trapezoidal	0.132	0.010	0.000	5.226	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(180°) H2	Trapezoidal	0.010	0.051	0.000	5.226	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(180°) H2	Faja	0.028	-	5.226	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(180°) H2	Uniforme	1.544	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N52/N56	V(180°) H2	Trapezoidal	0.132	0.010	0.000	5.226	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N56	V(270°) H1	Triangular Izq.	0.193	-	0.000	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N52/N56	V(270°) H1	Faja	1.963	-	5.729	7.035	Globales	0.000	-0.100	0.995
N52/N56	V(270°) H1	Faja	2.384	-	0.000	5.729	Globales	0.000	-0.100	0.995
N52/N56	V(270°) H1	Uniforme	0.872	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N52/N56	N(EI)	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N56	N(R) 1	Uniforme	0.409	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N56	N(R) 2	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N55	Peso propio	Uniforme	0.184	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N55	Peso propio	Triangular Izq.	0.082	-	0.000	7.035	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N55	Peso propio	Uniforme	0.704	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N55	Q (Uso G1)	Uniforme	1.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N55	V(0°) H1	Uniforme	1.603	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N56/N55	V(0°) H1	Triangular Izq.	0.220	-	0.000	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N56/N55	V(0°) H2	Triangular Izq.	0.220	-	0.000	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N56/N55	V(0°) H2	Uniforme	0.039	-	-	-	Globales	-0.000	0.100	-0.995

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N56/N55	V(90°) H1	Uniforme	1.642	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N56/N55	V(90°) H1	Triangular Izq.	0.083	-	0.000	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N56/N55	V(180°) H1	Faja	0.318	-	4.755	7.035	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N56/N55	V(180°) H1	Faja	1.622	-	0.000	4.755	Globales	0.000	-0.100	0.995
N56/N55	V(180°) H1	Triangular Izq.	0.220	-	0.000	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N56/N55	V(180°) H2	Faja	1.544	-	0.000	4.755	Globales	0.000	-0.100	0.995
N56/N55	V(180°) H2	Triangular Izq.	0.220	-	0.000	7.035	Globales	1.000	0.000	0.000
N56/N55	V(180°) H2	Faja	1.544	-	4.755	7.035	Globales	0.000	-0.100	0.995
N56/N55	V(270°) H1	Uniforme	1.963	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N56/N55	V(270°) H1	Triangular Izq.	0.193	-	0.000	7.035	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N56/N55	V(270°) H1	Uniforme	0.872	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N56/N55	N(EI)	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N55	N(R) 1	Uniforme	0.409	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N55	N(R) 2	Uniforme	0.818	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N59/N63	Peso propio	Uniforme	0.414	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N59/N63	Peso propio	Uniforme	1.639	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N59/N63	V(0°) H1	Uniforme	4.431	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N59/N63	V(0°) H2	Uniforme	4.431	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N59/N63	V(90°) H1	Uniforme	1.662	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N59/N63	V(180°) H1	Uniforme	4.431	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N59/N63	V(180°) H2	Uniforme	4.431	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N59/N63	V(270°) H1	Uniforme	3.877	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N63/N55	Peso propio	Uniforme	0.414	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N63/N55	Peso propio	Faja	1.639	-	0.000	3.990	Globales	0.000	0.000	-1.000
N63/N55	Peso propio	Triangular Izq.	1.639	-	3.990	4.690	Globales	0.000	0.000	-1.000
N63/N55	V(0°) H1	Faja	4.431	-	0.000	3.990	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(0°) H1	Triangular Izq.	4.431	-	3.990	4.690	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(0°) H2	Faja	4.431	-	0.000	3.990	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(0°) H2	Triangular Izq.	4.431	-	3.990	4.690	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(90°) H1	Faja	1.662	-	0.000	3.990	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(90°) H1	Triangular Izq.	1.662	-	3.990	4.690	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(180°) H1	Faja	4.431	-	0.000	3.990	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(180°) H1	Triangular Izq.	4.431	-	3.990	4.690	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(180°) H2	Faja	4.431	-	0.000	3.990	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(180°) H2	Triangular Izq.	4.431	-	3.990	4.690	Globales	1.000	0.000	0.000
N63/N55	V(270°) H1	Faja	3.877	-	0.000	3.990	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N63/N55	V(270°) H1	Triangular Izq.	3.877	-	3.990	4.690	Globales	-1.000	-0.000	-0.000

8.2 Esfuerzos

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m
N52/N56	Peso propio	N	-0.336	-0.235	-0.168	-0.069	-0.004	0.093	0.157	0.252	0.314
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	-2.474	-1.462	-0.795	0.196	0.849	1.819	2.458	3.405	4.030
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	2.08	2.87	3.18	2.82	1.41	-0.10	-3.19	-5.81
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
	Q 1 (Uso B)	N	-4.986	-4.986	-4.986	-4.986	-4.986	-4.986	-4.986	-4.986	-4.986
		Vy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Vz	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
	Q (Uso G1)	N	-0.366	-0.219	-0.121	0.026	0.124	0.271	0.369	0.516	0.614
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-3.659	-2.189	-1.209	0.261	1.241	2.711	3.691	5.161	6.141
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	3.09	4.28	4.78	4.25	2.17	-0.08	-4.75	-8.73
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-0.069	-0.069	-0.069	-0.069	-0.069	-0.069	-0.069	-0.069	-0.069
		Vy	-0.595	-0.285	-0.111	0.102	0.212	0.328	0.375	0.416	0.423
		Vz	9.518	4.764	1.594	-1.644	-2.771	-4.462	-5.590	-7.281	-8.408
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-7.54	-9.77	-9.34	-7.79	-3.97	-0.44	6.35	11.87
		Mz	0.00	0.46	0.60	0.60	0.48	0.19	-0.05	-0.47	-0.77
V(0°) H2	N	-0.461	-0.461	-0.461	-0.461	-0.461	-0.461	-0.461	-0.461	-0.461	
	Vy	-0.595	-0.285	-0.111	0.102	0.212	0.328	0.375	0.415	0.423	
	Vz	-0.119	-0.077	-0.050	-0.008	0.020	0.061	0.089	0.130	0.158	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.10	0.15	0.18	0.17	0.13	0.08	-0.04	-0.14	
	Mz	0.00	0.46	0.60	0.60	0.48	0.19	-0.05	-0.47	-0.77	
V(90°) H1	N	1.553	1.553	1.553	1.553	1.553	1.553	1.553	1.553	1.553	
	Vy	-0.160	-0.079	-0.033	0.026	0.058	0.095	0.113	0.128	0.131	
	Vz	4.315	2.582	1.427	-0.305	-1.461	-3.193	-4.348	-6.081	-7.236	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	-3.64	-5.05	-5.64	-5.02	-2.57	0.09	5.59	10.27	
	Mz	0.00	0.12	0.16	0.17	0.14	0.05	-0.02	-0.15	-0.24	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m
	V(180°) H1	N	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588
		Vy	-0.293	-0.152	-0.067	0.045	0.110	0.193	0.237	0.267	0.287
		Vz	4.432	2.720	1.579	-0.133	-1.274	-2.986	-4.128	-5.840	-6.981
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-3.77	-5.29	-6.05	-5.55	-3.31	-0.80	4.46	8.96
		Mz	0.00	0.23	0.31	0.32	0.27	0.10	-0.05	-0.31	-0.51
	V(180°) H2	N	-0.017	-0.017	-0.017	-0.017	-0.017	-0.017	-0.017	-0.017	-0.017
		Vy	-0.293	-0.152	-0.068	0.044	0.110	0.193	0.237	0.267	0.287
		Vz	4.067	2.438	1.352	-0.277	-1.363	-2.992	-4.078	-5.706	-6.792
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-3.43	-4.77	-5.33	-4.76	-2.46	0.03	5.19	9.59
		Mz	0.00	0.23	0.31	0.32	0.27	0.11	-0.05	-0.31	-0.51
	V(270°) H1	N	-17.332	-17.332	-17.332	-17.332	-17.332	-17.332	-17.332	-17.332	-17.332
		Vy	0.375	0.187	0.078	-0.059	-0.134	-0.221	-0.261	-0.297	-0.304
		Vz	8.726	5.290	2.999	-0.438	-2.729	-6.166	-8.457	-11.640	-13.635
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-7.40	-10.31	-11.66	-10.55	-5.85	-0.71	9.95	18.84
		Mz	0.00	-0.29	-0.39	-0.39	-0.32	-0.13	0.04	0.33	0.55
	N(EI)	N	-0.214	-0.128	-0.071	0.015	0.072	0.158	0.216	0.302	0.359
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.139	-1.280	-0.707	0.152	0.725	1.585	2.158	3.017	3.590
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	1.80	2.50	2.80	2.49	1.27	-0.05	-2.78	-5.10
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-0.171	-0.128	-0.099	-0.056	-0.028	0.015	0.044	0.087	0.116
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.067	-0.637	-0.350	0.079	0.366	0.795	1.082	1.511	1.798
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.90	1.25	1.39	1.23	0.62	-0.04	-1.41	-2.57
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	-0.150	-0.064	-0.007	0.079	0.136	0.222	0.280	0.365	0.423
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.142	-1.283	-0.710	0.149	0.722	1.582	2.155	3.014	3.587
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	1.81	2.51	2.80	2.50	1.28	-0.03	-2.76	-5.08
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m
N56/N55	Peso propio	N	-0.483	-0.381	-0.315	-0.216	-0.150	-0.053	0.011	0.105	0.168
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	-4.093	-3.081	-2.413	-1.423	-0.769	0.200	0.839	1.787	2.411
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-5.58	-1.80	0.14	2.16	2.93	3.23	2.86	1.48	0.00
		Mz	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	-6.522	-6.522	-6.522	-6.522	-6.522	-6.522	-6.522	-6.522	-6.522
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m	
		Vz	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	1.356	1.503	1.601	1.748	1.846	1.993	2.091	2.238	2.336	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-6.100	-4.630	-3.650	-2.180	-1.200	0.270	1.250	2.720	3.700	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	-8.44	-2.78	0.13	3.21	4.40	4.89	4.35	2.26	0.00	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	V(0°) H1	N	21.959	21.959	21.959	21.959	21.959	21.959	21.959	21.959	21.959	
		Vy	-0.623	-0.408	-0.284	-0.126	-0.041	0.058	0.104	0.145	0.153	
		Vz	7.268	5.577	4.450	2.758	1.631	-0.060	-1.188	-2.879	-4.006	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	11.47	4.70	1.17	-2.63	-4.18	-5.01	-4.57	-2.42	0.00	
		Mz	-0.74	-0.20	0.04	0.25	0.31	0.30	0.24	0.11	0.00	
	V(0°) H2	N	21.408	21.408	21.408	21.408	21.408	21.408	21.408	21.408	21.408	
		Vy	-0.623	-0.408	-0.284	-0.126	-0.041	0.058	0.104	0.145	0.153	
		Vz	-0.187	-0.145	-0.118	-0.076	-0.048	-0.007	0.021	0.062	0.090	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	-0.34	-0.16	-0.07	0.03	0.07	0.10	0.10	0.05	0.00	
		Mz	-0.74	-0.20	0.04	0.25	0.31	0.30	0.24	0.11	0.00	
	V(90°) H1	N	7.913	7.913	7.913	7.913	7.913	7.913	7.913	7.913	7.913	
		Vy	-0.232	-0.151	-0.105	-0.046	-0.014	0.023	0.040	0.056	0.059	
		Vz	7.189	5.456	4.301	2.568	1.413	-0.320	-1.475	-3.208	-4.363	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	9.94	3.27	-0.16	-3.79	-5.19	-5.76	-5.13	-2.66	0.00	
		Mz	-0.27	-0.07	0.02	0.10	0.12	0.12	0.09	0.04	0.00	
V(180°) H1	N	20.660	20.660	20.660	20.660	20.660	20.660	20.660	20.660	20.660		
	Vy	-0.616	-0.400	-0.276	-0.119	-0.034	0.065	0.111	0.152	0.160		
	Vz	6.214	4.502	3.361	1.649	0.508	-1.204	-1.334	-0.999	-0.775		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	8.62	2.96	0.19	-2.45	-3.21	-2.84	-1.86	-0.62	0.00		
	Mz	-0.69	-0.16	0.08	0.28	0.33	0.32	0.25	0.11	0.00		
V(180°) H2	N	20.199	20.199	20.199	20.199	20.199	20.199	20.199	20.199	20.199		
	Vy	-0.616	-0.400	-0.276	-0.119	-0.034	0.065	0.111	0.152	0.160		
	Vz	6.765	5.137	4.051	2.422	1.336	-0.293	-1.379	-3.008	-4.094		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	9.40	3.12	-0.11	-3.53	-4.85	-5.40	-4.81	-2.50	0.00		
	Mz	-0.69	-0.16	0.08	0.28	0.34	0.32	0.25	0.11	0.00		
V(270°) H1	N	-21.618	-21.618	-21.618	-21.618	-21.618	-21.618	-21.618	-21.618	-21.618		
	Vy	0.541	0.353	0.245	0.107	0.032	-0.054	-0.095	-0.130	-0.137		
	Vz	12.596	9.603	7.608	4.616	2.621	-0.372	-2.367	-5.359	-7.354		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	18.44	6.72	0.67	-5.78	-8.32	-9.51	-8.55	-4.47	0.00		
	Mz	0.63	0.16	-0.05	-0.24	-0.28	-0.27	-0.22	-0.09	0.00		
N(EI)	N	0.793	0.878	0.936	1.022	1.079	1.165	1.222	1.308	1.365		
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Vz	-3.566	-2.707	-2.134	-1.275	-0.702	0.158	0.731	1.590	2.163		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	-4.94	-1.63	0.08	1.87	2.57	2.86	2.54	1.32	0.00		

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.055 m	1.759 m	2.814 m	3.517 m	4.573 m	5.276 m	6.331 m	7.035 m
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.637	0.680	0.709	0.752	0.780	0.823	0.852	0.895	0.923
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.780	-1.351	-1.064	-0.635	-0.348	0.081	0.368	0.798	1.084
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.45	-0.80	0.05	0.95	1.29	1.43	1.28	0.66	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.552	0.638	0.695	0.781	0.838	0.924	0.982	1.067	1.125
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-3.569	-2.709	-2.136	-1.277	-0.704	0.155	0.728	1.587	2.160
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-4.95	-1.64	0.06	1.86	2.56	2.85	2.54	1.32	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m
N59/N63	Peso propio	N	-45.653	-43.931	-42.208	-40.486	-38.763	-37.041	-35.318	-33.596	-31.873
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.942	-2.942	-2.942	-2.942	-2.942	-2.942	-2.942	-2.942	-2.942
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-6.09	-3.62	-1.15	1.32	3.78	6.25	8.72	11.19	13.66
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	-50.699	-50.699	-50.699	-50.699	-50.699	-50.699	-50.699	-50.699	-50.699
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-9.015	-9.015	-9.015	-9.015	-9.015	-9.015	-9.015	-9.015	-9.015
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-23.47	-15.90	-8.34	-0.78	6.78	14.34	21.90	29.47	37.03
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-6.325	-6.325	-6.325	-6.325	-6.325	-6.325	-6.325	-6.325	-6.325
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	2.70	2.47	2.25	2.02	1.80	1.58	1.35	1.13	0.90
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358
		Vy	-0.248	-0.248	-0.248	-0.248	-0.248	-0.248	-0.248	-0.248	-0.248
		Vz	-28.410	-24.693	-20.977	-17.260	-13.543	-9.827	-6.110	-2.393	1.323
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		-63.38	-41.11	-21.96	-5.92	7.00	16.80	23.48	27.05	27.50	
Mz		-0.51	-0.30	-0.10	0.11	0.32	0.53	0.74	0.95	1.15	
V(0°) H2	N	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	
	Vy	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	
	Vz	-28.305	-24.588	-20.872	-17.155	-13.438	-9.722	-6.005	-2.289	1.428	
	Mt	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	
	My	-62.32	-40.14	-21.07	-5.12	7.71	17.42	24.01	27.49	27.85	
	Mz	-1.05	-0.64	-0.22	0.19	0.61	1.02	1.43	1.85	2.26	
V(90°) H1	N	3.024	3.024	3.024	3.024	3.024	3.024	3.024	3.024	3.024	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-10.911	-9.517	-8.123	-6.730	-5.336	-3.942	-2.548	-1.155	0.239	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-26.36	-17.79	-10.39	-4.16	0.90	4.79	7.51	9.06	9.45	9.45
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358	-6.358
	V(180°) H1	Vy	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248	
		Vz	-28.410	-24.693	-20.977	-17.260	-13.543	-9.827	-6.110	-2.393	1.323	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	-63.38	-41.11	-21.96	-5.92	7.00	16.80	23.48	27.05	27.50	
		Mz	0.51	0.30	0.10	-0.11	-0.32	-0.53	-0.74	-0.95	-1.15	
		N	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	-6.443	
	V(180°) H2	Vy	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494	
		Vz	-28.305	-24.588	-20.872	-17.155	-13.438	-9.722	-6.005	-2.289	1.428	
		Mt	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
		My	-62.32	-40.14	-21.07	-5.12	7.71	17.42	24.01	27.49	27.85	
		Mz	1.05	0.64	0.22	-0.19	-0.61	-1.02	-1.43	-1.85	-2.26	
		N	20.612	20.612	20.612	20.612	20.612	20.612	20.612	20.612	20.612	
	V(270°) H1	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	24.332	21.080	17.828	14.576	11.324	8.071	4.819	1.567	-1.685	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	50.14	31.10	14.78	1.19	-9.67	-17.80	-23.21	-25.89	-25.84	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		N	-3.698	-3.698	-3.698	-3.698	-3.698	-3.698	-3.698	-3.698	-3.698	
	N(EI)	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	1.58	1.45	1.31	1.18	1.05	0.92	0.79	0.66	0.53	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
N		-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773		
N(R) 1	Vy	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028		
	Vz	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	1.18	1.08	0.99	0.89	0.79	0.69	0.59	0.49	0.40		
	Mz	0.06	0.04	0.01	-0.01	-0.03	-0.06	-0.08	-0.10	-0.12		
	N	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773		
N(R) 2	Vy	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028		
	Vz	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	1.18	1.08	0.99	0.89	0.79	0.69	0.59	0.49	0.40		
	Mz	-0.06	-0.04	-0.01	0.01	0.03	0.06	0.08	0.10	0.12		
	N	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773	-2.773		

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.469 m	1.173 m	1.642 m	2.345 m	3.049 m	3.518 m	4.221 m	4.690 m
N63/N55	Peso propio	N	-14.280	-13.317	-11.872	-10.909	-9.464	-8.019	-7.056	-5.674	-5.222
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	-14.280	-13.317	-11.872	-10.909	-9.464	-8.019	-7.056	-5.674	-5.222

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.469 m	1.173 m	1.642 m	2.345 m	3.049 m	3.518 m	4.221 m	4.690 m
		My	1.48	1.33	1.11	0.96	0.74	0.52	0.37	0.15	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	1.293	1.293	1.293	1.293	1.293	1.293	1.293	1.293	1.293
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-3.054	-3.054	-3.054	-3.054	-3.054	-3.054	-3.054	-3.054	-3.054
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-14.32	-12.89	-10.74	-9.31	-7.16	-5.01	-3.58	-1.43	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-8.008	-8.008	-8.008	-8.008	-8.008	-8.008	-8.008	-8.008	-8.008
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	1.733	1.733	1.733	1.733	1.733	1.733	1.733	1.733	1.733
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	8.13	7.32	6.10	5.28	4.06	2.85	2.03	0.81	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657
		Vy	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247
		Vz	-7.755	-5.676	-2.559	-0.481	2.636	5.754	7.832	10.780	11.477
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	12.00	15.15	18.05	18.76	18.00	15.05	11.87	5.27	0.00
		Mz	1.16	1.04	0.87	0.75	0.58	0.41	0.29	0.12	0.00
	V(0°) H2	N	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401
		Vy	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485
		Vz	-7.075	-4.997	-1.880	0.199	3.316	6.433	8.512	11.460	12.156
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	15.19	18.02	20.44	20.83	19.60	16.17	12.66	5.59	0.00
		Mz	2.27	2.05	1.71	1.48	1.14	0.80	0.57	0.23	0.00
	V(90°) H1	N	6.775	6.775	6.775	6.775	6.775	6.775	6.775	6.775	6.775
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vz		-4.569	-3.790	-2.621	-1.842	-0.673	0.496	1.276	2.381	2.642	
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		-3.29	-1.33	0.92	1.97	2.86	2.92	2.50	1.20	0.00	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(180°) H1	N	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	
	Vy	-0.247	-0.247	-0.247	-0.247	-0.247	-0.247	-0.247	-0.247	-0.247	
	Vz	-7.755	-5.676	-2.559	-0.481	2.636	5.754	7.832	10.780	11.477	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	12.00	15.15	18.05	18.76	18.00	15.05	11.87	5.27	0.00	
	Mz	-1.16	-1.04	-0.87	-0.75	-0.58	-0.41	-0.29	-0.12	0.00	
V(180°) H2	N	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	-1.401	
	Vy	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	
	Vz	-7.075	-4.997	-1.880	0.199	3.316	6.433	8.512	11.460	12.156	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	15.19	18.02	20.44	20.83	19.60	16.17	12.66	5.59	0.00	
	Mz	-2.27	-2.05	-1.71	-1.48	-1.14	-0.80	-0.57	-0.23	0.00	
V(270°) H1	N	18.947	18.947	18.947	18.947	18.947	18.947	18.947	18.947	18.947	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	3.362	1.544	-1.184	-3.002	-5.730	-8.458	-10.276	-12.856	-13.465	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-26.56	-27.71	-27.83	-26.85	-23.78	-18.79	-14.40	-6.22	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.469 m	1.173 m	1.642 m	2.345 m	3.049 m	3.518 m	4.221 m	4.690 m
	N(EI)	N	-4.681	-4.681	-4.681	-4.681	-4.681	-4.681	-4.681	-4.681	-4.681
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	4.75	4.28	3.56	3.09	2.38	1.66	1.19	0.48	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511
		Vy	-0.027	-0.027	-0.027	-0.027	-0.027	-0.027	-0.027	-0.027	-0.027
		Vz	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	3.56	3.21	2.67	2.32	1.78	1.25	0.89	0.36	0.00
		Mz	-0.13	-0.11	-0.09	-0.08	-0.06	-0.04	-0.03	-0.01	0.00
	N(R) 2	N	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511	-3.511
		Vy	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
		Vz	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	3.56	3.21	2.67	2.32	1.78	1.25	0.89	0.36	0.00
		Mz	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00

8.3 Flechas

Referencias:

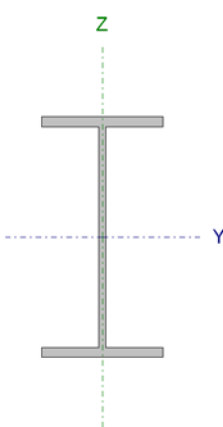
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N52/N55	2.814	10.99	3.166	16.90	2.814	18.36	3.166	25.79
	2.814	L/(>1000)	3.166	L/417.0	2.814	L/(>1000)	3.166	L/417.0
N59/N55	6.291	16.78	5.871	22.06	6.291	33.55	6.291	39.34
	6.291	L/679.5	5.871	L/516.7	6.291	L/679.5	5.871	L/516.7

8.4 Comprobaciones E.L.U.

Barra N52/N56

Perfil: IPE 180							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N52	N56	7.035	23.90	1317.00	101.00	4.79
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	0.00	1.00	0.00	0.00		
	L _k	0.000	7.035	0.000	0.000		
	C _m	1.000	0.950	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.09} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 23.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 551.55 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{551.55} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : 1317.00 \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 101.00 \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 4.79 \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : 7430.00 \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : 210000 \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 81000 \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : 7.035 \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : 0.000 \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : 0.000 \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : 7.70 \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : 7.42 \text{ cm}$$

$$i_z : 2.06 \text{ cm}$$

y_0 , z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : 0.00 \text{ mm}$$

$$z_0 : 0.00 \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$30.94 \leq 250.32 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : 164.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 5.30 \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : 8.69 \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : 7.28 \text{ cm}^2$$

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : 0.30$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : 210000 \text{ MPa}$$

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : 275.00 \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1+0.75·N(R)2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 3.20 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 625.95 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 23.90 cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.051} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.084} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{31.81} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{376.67} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{1.19}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : \underline{551.55} \text{ kN}$$

$$N_{cr,v} : \underline{551.55} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.543} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{23.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{20.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{43.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.128} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(0°)H1.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{9.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.119} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{17.23} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{144.26} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{9.54} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{180.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 30.94 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{30.94}$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.89} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd}: \underline{229.96} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v: \underline{15.21} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A: \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d: \underline{164.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w: \underline{5.30} \text{ mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd}: \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y: \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{Mo}: \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 10.19 \text{ kN} \leq 72.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.352 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{10.19} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{144.26} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.73 \text{ kN} \leq 114.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.352 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.73} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{ Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{229.96} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.683} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.687} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.470} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}: \underline{31.05} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+: \underline{23.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^+: \underline{0.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}: \underline{625.95} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en	$M_{pl,Rd,y}: \underline{43.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$

condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{9.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \text{ cm}^3$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.07}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{0.95}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.352 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$10.19 \text{ kN} \leq 72.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{10.19} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{144.26} \text{ kN}$$

Barra N56/N55

Perfil: IPE 180 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N56	N55	7.035	23.90	1317.00	101.00	4.79
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	7.035	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.950	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.09 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 23.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 551.55 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 551.55 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : ∞

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>1317.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>101.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>4.79</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>7430.00</u> cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E: <u>210000</u> MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G: <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>7.035</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>0.000</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>7.70</u> cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>7.42</u> cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	i_z : <u>2.06</u> cm
	y_0 : <u>0.00</u> mm
	z_0 : <u>0.00</u> mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$30.94 \leq 250.32 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>164.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.30</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>8.69</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>7.28</u> cm ²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k: <u>0.30</u>
E: Módulo de elasticidad.	E: <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.054} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{34.03} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.064} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.106} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{39.77} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{625.95 \text{ kN}}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{23.90 \text{ cm}^2}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{376.67 \text{ kN}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{23.90 \text{ cm}^2}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{1.19}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : \underline{551.55} \text{ kN}$$

$$N_{cr,v} : \underline{551.55} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.534} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{23.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{20.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{43.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.124} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{9.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \text{ cm}^3$$

 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.108} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{15.62} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{144.26} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{9.54} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{180.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 30.94 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{30.94}$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.93} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd}: \underline{229.96} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v: \underline{15.21} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A: \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d: \underline{164.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w: \underline{5.30} \text{ mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd}: \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y: \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{Mo}: \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 15.62 \text{ kN} \leq 72.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{15.62} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{144.26} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.93 \text{ kN} \leq 114.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.93} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{229.96} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.700} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.717} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.496} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{39.57} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{23.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{9.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \text{ cm}^3$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.08}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{0.95}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N56, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$15.62 \text{ kN} \leq 72.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{15.62} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{144.26} \text{ kN}$$

Barra N59/N63

Perfil: IPE 300 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)
N59	N63	6.710	53.80	8356.00	604.00	20.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	1.19	0.00	0.00		
L _K	4.697	7.980	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.550	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.60 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : 52.70 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 567.43 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y}** : 2719.64 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}** : 567.43 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T}** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{8356.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{604.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.10} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{126000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{7.980} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{4.697} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{12.91} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{12.46} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.35} \text{ cm}$$

y_0 , z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$39.24 \leq 254.33 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{278.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{19.78} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{16.05} \text{ cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{5.42} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.106} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.343} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(B)+0.9·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{146.25} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1380.14} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{52.70} \text{ cm}^2$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{425.80} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{52.70} \text{ cm}^2$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.83}$$

$$\chi_z : \underline{0.31}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.82}$$

$$\phi_z : \underline{2.01}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.73}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.60}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{567.43} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2719.64} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{567.43} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.778} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{71.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{127.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.107} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{32.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{125.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.174} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{56.05} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{322.08} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{21.30} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$39.24 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{39.24}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (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 $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.76} \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{514.41} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{34.02} \text{ cm}^2$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : \underline{278.60} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 56.05 \text{ kN} \leq 161.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{56.05} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{322.08} \text{ kN}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.76 \text{ kN} \leq 257.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.76} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{514.41} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.905} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.594} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.627} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(180°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{124.53} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{126.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{1.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{32.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{125.00} \text{ cm}^3$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.06}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.41}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{0.55}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.83}$$

$$\chi_z : \underline{0.30}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.74}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.61}$$

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 (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

$$1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1.$$

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$56.05 \text{ kN} \leq 161.01 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{56.05} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{322.02} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2.

 $M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{2.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.516 m del nudo N59, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.82} \text{ kN}$$

 $M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{322.02} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{322.08}$ kN
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{0.07}$ MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{18.79}$ cm³
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90}$ MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00}$ MPa
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{MO} : \underline{1.05}$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.678 m del nudo N59, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.12}$ kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.00}$ kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{514.31} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{514.41}$ kN
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{0.07}$ MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{18.79}$ cm³
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90}$ MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00}$ MPa
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{MO} : \underline{1.05}$

Barra N63/N55

Perfil: IPE 300 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)
N63	N55	4.690	53.80	8356.00	604.00	20.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.70	0.00	0.00		
L _K	4.690	7.980	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.550	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.60 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : 52.70 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 569.13 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y}** : 2719.64 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}** : 569.13 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T}** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>8356.00</u> cm4
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>604.00</u> cm4
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>20.10</u> cm4
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>126000.00</u> cm6
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>7.980</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>4.690</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>12.91</u> cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>12.46</u> cm
y_0 , z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	i_z : <u>3.35</u> cm
	y_0 : <u>0.00</u> mm
	z_0 : <u>0.00</u> mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$39.24 \leq 254.33 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>278.60</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.10</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>19.78</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>16.05</u> cm ²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{25.60} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.073} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{31.29} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1380.14} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{52.70} \text{ cm}^2$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{426.85} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{52.70} \text{ cm}^2$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.83}$$

$$\chi_z : \underline{0.31}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.82}$$

$$\phi_z : \underline{2.01}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.73}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.60}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{569.13} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2719.64} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{569.13} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.329} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.469 m del nudo N63, para la combinación de acciones PP+ SX+0.3·SY.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{37.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.469 m del nudo N63, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{54.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.107} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : \underline{3.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : \underline{3.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd} : \underline{32.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z} : \underline{125.00} \text{ cm}^3$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.072} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{23.15} \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{322.08} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{21.30} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{300.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 39.24 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{39.24}$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.75 \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 514.41 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 34.02 \text{ cm}^2$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : 53.80 \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : 278.60 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : 7.10 \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.00 \text{ MPa}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 14.59 \text{ kN} \leq 161.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N63, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 14.59 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 322.08 \text{ kN}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.75 \text{ kN} \leq 257.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N63, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.75} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{ Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{514.41} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta: \underline{0.342} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta: \underline{0.318} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.469 m del nudo N63, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

Donde:

$$N_{t,Ed}: \text{ Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{t,Ed}: \underline{19.12} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: \text{ Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{y,Ed}: \underline{54.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.} \quad \text{Clase}: \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd}: \text{ Resistencia a tracción.} \quad N_{pl,Rd}: \underline{1409.05} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: \text{ Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{pl,Rd,y}: \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z}: \underline{32.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$$M_{ef,Ed}: \text{ Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{ef,Ed}: \underline{-52.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{83.20} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N63, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$14.59 \text{ kN} \leq 161.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{14.59} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{322.08} \text{ kN}$$

9 VIGA CONTRAVIENTO

En la imagen se ha representado la mitad de la viga a contraviento, correspondiente con el faldón de cubierta A. Se han comprobado un montante (barra N5-N10) y una diagonal (barra N5-N96) que forman parte de esta viga tipo Pratt y cuya numeración puede apreciarse en la imagen.

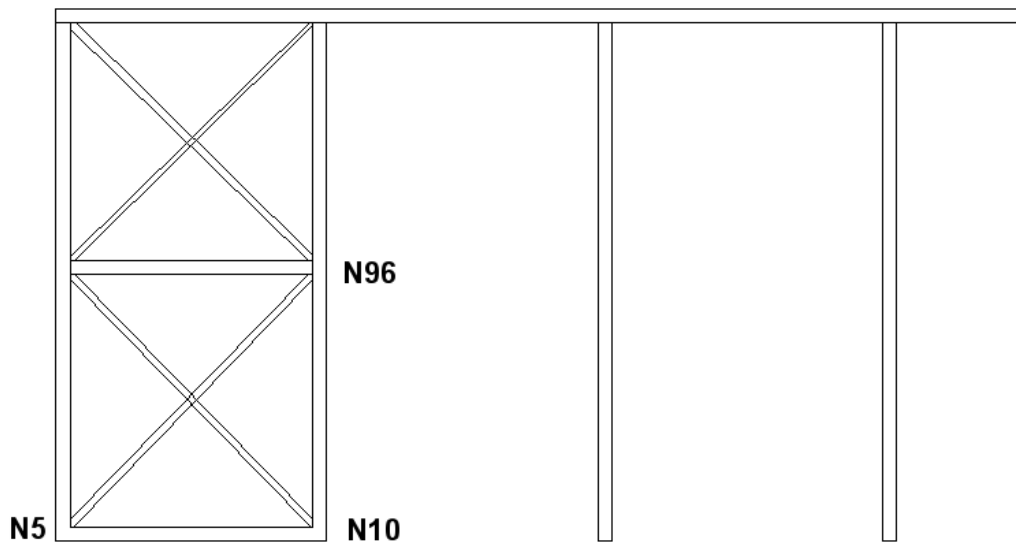


Ilustración 5. Viga a contraviento.

9.1 CARGAS

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N5/N10	Peso propio	Uniforme	0.106	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

9.2 Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axil (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m	
N5/N10	Peso propio	N	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.368	-0.275	-0.182	-0.089	0.004	0.097	0.190	0.283	0.376	0.376
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.28	0.48	0.60	0.64	0.59	0.47	0.26	-0.03	-0.03
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V(0°) H1	N	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m	
		Vy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Vz	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01
	V(0°) H2	N	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		Vy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Vz	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
	V(90°) H1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	16.052	16.052	16.052	16.052	16.052	16.052	16.052	16.052	16.052	16.052
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.08
	V(180°) H1	N	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	V(180°) H2	N	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	V(270°) H1	N	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
Vy		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Vz		0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(EI)	N	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 1	N	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m
		My	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.241 m	2.481 m	3.722 m	4.962 m	6.203 m	7.443 m	8.684 m	9.924 m
N96/N5	Peso propio	N	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(0°) H2	N	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(90°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.241 m	2.481 m	3.722 m	4.962 m	6.203 m	7.443 m	8.684 m	9.924 m
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 2	N	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

9.3 Flechas

Referencias:

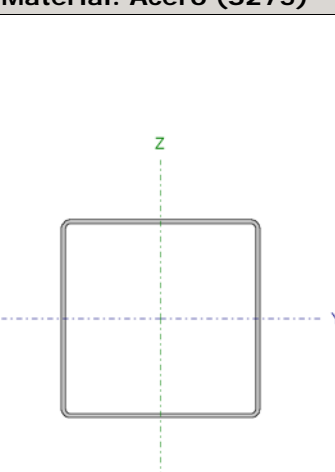
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	
N5/N10	3.938	0.03	3.500	4.96	3.938	0.06	3.500	5.34	
	3.938	L/(>1000)	3.500	L/(>1000)	3.938	L/(>1000)	3.500	L/(>1000)	
N96/N5	9.304	0.00	7.443	0.00	9.304	0.00	9.304	0.00	
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	

9.4 Comprobaciones E.L.U.

Barra N5/N10

Perfil: SHS 120x3.0 Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
		N5	N10	7.000	13.80	311.98	311.98
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L _K	7.000	7.000	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.70 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 13.80 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 131.96 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 131.96 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 131.96 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 311.98 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 311.98 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 487.70 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 7.000 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 7.000 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 6.72 cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 4.75 cm

i_z : 4.75 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$38.00 \leq 578.93 \quad \checkmark$$

Donde:

 h_w : Altura del alma.

h_w : 114.00 mm

 t_w : Espesor del alma.

t_w : 3.00 mm

 A_w : Área del alma.

A_w : 6.84 cm²

 $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$: 3.60 cm²

 k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.55

 E : Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

 f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$f_{yf} = f_y$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta = \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP-0.3·SX-SY.

 $N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 0.56 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: 361.50 kN

Donde:

 A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 13.80 cm²

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.253} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{23.63} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{361.50} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{93.53} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$\chi_y : \underline{0.26}$

$\chi_z : \underline{0.26}$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\phi_y : \underline{2.30}$

$\phi_z : \underline{2.30}$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : \underline{0.49}$

$\alpha_z : \underline{0.49}$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y : \underline{1.70}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{1.70}$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : \underline{131.96} \text{ kN}$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : \underline{131.96} \text{ kN}$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : \underline{131.96} \text{ kN}$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.066} \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.500 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : \underline{0.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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:

$$M_{c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd} : \underline{13.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 3

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$W_{el,y}$: 52.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.001 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.01 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.01 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{el,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 13.62 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 3

$W_{el,z}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$W_{el,z}$: 52.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.52} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{103.43} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.84} \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

$$d : \underline{114.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$38.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{38.00}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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:

$$f_{ref}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP-0.3·SX-SY.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{105.28} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{6.96} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \underline{114.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon \quad 40.00 < \underline{64.71} \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltéz del alma.} \quad \lambda_w : \underline{40.00}$$

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{\text{máx}} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$f_{\text{ref}} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{\text{Ed}} \leq \frac{V_{\text{c,Rd}}}{2}$$

$$0.45 \text{ kN} \leq 51.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.438 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{\text{Ed}} : \underline{0.45} \text{ kN}$$

$V_{\text{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{103.43} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{\text{c,Ed}}}{N_{\text{pl,Rd}}} + \frac{M_{\text{y,Ed}}}{M_{\text{el,Rd,y}}} + \frac{M_{\text{z,Ed}}}{M_{\text{el,Rd,z}}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.123} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{\text{c,Ed}}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{\text{yd}}} + k_y \cdot \frac{C_{\text{m,y}} \cdot M_{\text{y,Ed}}}{\chi_{\text{LT}} \cdot W_{\text{el,y}} \cdot f_{\text{yd}}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{\text{m,z}} \cdot M_{\text{z,Ed}}}{W_{\text{el,z}} \cdot f_{\text{yd}}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.317} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{\text{c,Ed}}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{\text{yd}}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{\text{m,y}} \cdot M_{\text{y,Ed}}}{W_{\text{el,y}} \cdot f_{\text{yd}}} + k_z \cdot \frac{C_{\text{m,z}} \cdot M_{\text{z,Ed}}}{W_{\text{el,z}} \cdot f_{\text{yd}}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.303} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.500 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{23.31} \text{ kN}$
M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^+ : \underline{0.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : $\underline{3}$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd} : \underline{361.50} \text{ kN}$
M_{el,Rd,y}, M_{el,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{el,Rd,y} : \underline{13.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{el,Rd,z} : \underline{13.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. $A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$
W_{el,y}, W_{el,z}: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{el,y} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$
 $W_{el,z} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$k_y = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.15}$$

$$k_z = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.15}$$

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. $\chi_y : \underline{0.26}$
 $\chi_z : \underline{0.26}$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y : \underline{1.70}$
 $\bar{\lambda}_z : \underline{1.70}$

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. $\alpha_y : \underline{0.80}$
 $\alpha_z : \underline{1.00}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.438 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.45 \text{ kN} \leq 51.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.45}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{103.43}{\quad} \text{ kN}$$

Barra N96/N5

Perfil: L 100 x 100 x 6										
Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _a ⁽³⁾ (mm)	z _a ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
N96	N5	9.924	11.80	111.10	111.10	65.30	1.40	23.60	-23.60	-45.0
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
		Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
β	0.00		0.00	0.00	0.00					
L _K	0.000		0.000	0.000	0.000					
C _m	1.000		1.000	1.000	1.000					
C ₁	-			1.000						
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < 0.01$ ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A: 11.80 cm²
f_y: 275.00 MPa
N_{cr}: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.070$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{21.67} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{309.05} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{11.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

10 ARRIOSTRAMIENTO DE FACHADA LATERAL Y VIGA PERIMETRAL

El arriostramiento lateral y la viga perimetral, están formadas por muchas barras, pero existen tres barras que concretamente son los elementos más desfavorables en este tipo de estructura. Estos elementos son la diagonal y el montante de la Cruz de San Andrés, barras N77-N3 y N9-N4 respectivamente. Y la viga perimetral, de la cual se comprobará la barra N14-N9. Si estos elementos, que son los más susceptibles al fallo cumplen, todo el arriostramiento lateral y la viga perimetral cumplirán.

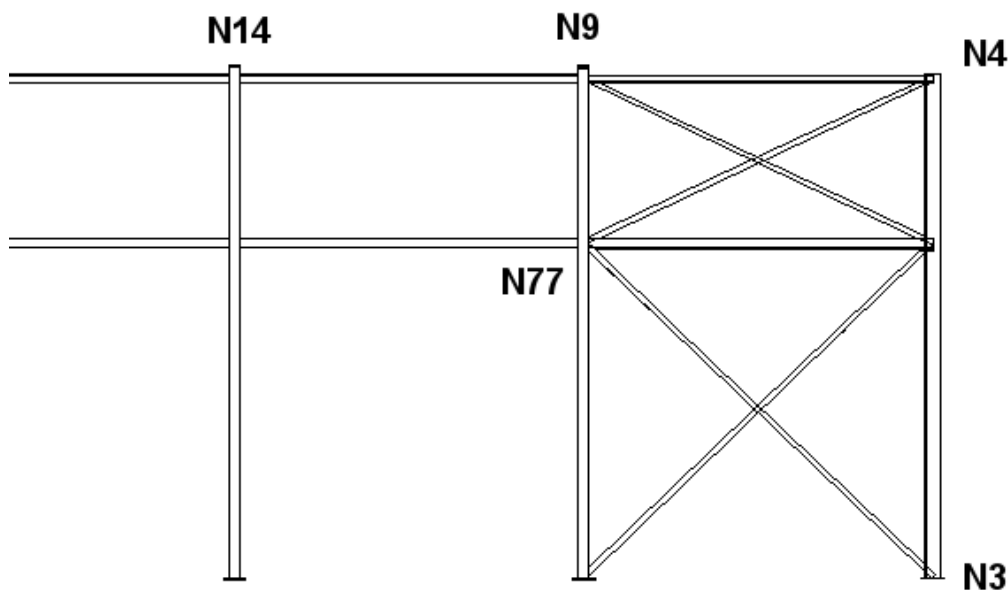


Ilustración 6. Arriostramiento lateral y viga perimetral.

10.1 CARGAS

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N5/N10	Peso propio	Uniforme	0.106	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

10.2 Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axil (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m
N5/N10	Peso propio	N	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151	-0.151
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.368	-0.275	-0.182	-0.089	0.004	0.097	0.190	0.283	0.376
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.28	0.48	0.60	0.64	0.59	0.47	0.26	-0.03
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		V(0°) H1	N	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
	Vy		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	Vz		0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My		0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04
	Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
	V(0°) H2	N	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		Vy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Vz	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
	V(90°) H1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	V(180°) H2	N	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	V(270°) H1	N	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m	
		Vz	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	1.241 m	2.481 m	3.722 m	4.962 m	6.203 m	7.443 m	8.684 m	9.924 m	
N96/N5	Peso propio	N	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519	0.519
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695	13.695
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(0°) H2	N	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	13.806	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.241 m	2.481 m	3.722 m	4.962 m	6.203 m	7.443 m	8.684 m	9.924 m
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919	9.919
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244	10.244
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
My		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(EI)	N	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 2	N	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.241 m	2.481 m	3.722 m	4.962 m	6.203 m	7.443 m	8.684 m	9.924 m
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

10.3 Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	
N5/N10	3.938	0.03	3.500	4.96	3.938	0.06	3.500	5.34	
	3.938	L/(>1000)	3.500	L/(>1000)	3.938	L/(>1000)	3.500	L/(>1000)	
N96/N5	9.304	0.00	7.443	0.00	9.304	0.00	9.304	0.00	
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	

10.4 Comprobaciones E.L.U.

Barra N5/N10

Perfil: SHS 120x3.0
Material: Acero (S275)

Perfil: SHS 120x3.0 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)
N5	N10	7.000	13.80	311.98	311.98	487.70
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	7.000	7.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.70 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 13.80 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 131.96 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 131.96 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 131.96 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{I_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : \underline{311.98} \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{311.98} \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{487.70} \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000} \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : \underline{81000} \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : \underline{7.000} \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{7.000} \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_o : \underline{6.72} \text{ cm}$

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{4.75} \text{ cm}$
	$i_z : \underline{4.75} \text{ cm}$
y_o, z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_o : \underline{0.00} \text{ mm}$
	$z_o : \underline{0.00} \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$38.00 \leq 578.93 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : \underline{114.00} \text{ mm}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$
A_w : Área del alma.	$A_w : \underline{6.84} \text{ cm}^2$
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : \underline{3.60} \text{ cm}^2$
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : \underline{0.55}$
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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP-0.3-SX-SY.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.56} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{361.50} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.065} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.253} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{23.63} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{361.50} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{93.53} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.26}$$

$$\chi_z : \underline{0.26}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{2.30}$$

$$\phi_z : \underline{2.30}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.70}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.70}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{131.96} \text{ kN}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{131.96} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{131.96} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.066} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.500 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

$$M_{c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{13.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{el,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{13.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,z}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,z} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.52} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{103.43} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.84} \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma.

d: 114.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w: 3.00 mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd}: 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0}: 1.05

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$38.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w: 38.00

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

λ_{máx}: 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción.

ε: 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

f_{ref}: 235.00 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 275.00 MPa

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP-0.3-SX-SY.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed}: 0.00 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{105.28} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{6.96} \text{ cm}^2$

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : \underline{114.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{MO} : \underline{1.05}$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon \quad 40.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{40.00}$

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.45 \text{ kN} \leq 51.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.438 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.45} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{103.43} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.123} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.317} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.303} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.500 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(90°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{23.31} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{361.50} \text{ kN}$$

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{el,Rd,y} : \underline{13.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{el,Rd,z} : \underline{13.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la

$$W_{el,y} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{el,z} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$
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.	
$k_y = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y : \underline{1.15}$
$k_z = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : \underline{1.15}$
$C_{m,y}, C_{m,z}$: 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.	$\chi_y : \underline{0.26}$
	$\chi_z : \underline{0.26}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \underline{1.70}$
	$\bar{\lambda}_z : \underline{1.70}$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : \underline{0.80}$
	$\alpha_z : \underline{1.00}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.438 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.45 \text{ kN} \leq 51.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.45} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{103.43} \text{ kN}$$

Barra N96/N5

Perfil: L 100 x 100 x 6										
Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{vz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _a ⁽³⁾ (mm)	z _a ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
N96	N5	9.924	11.80	111.10	111.10	65.30	1.40	23.60	-23.60	-45.0
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
		Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ		Ala sup.	Ala inf.				
β	0.00		0.00		0.00	0.00				
L _K	0.000		0.000		0.000	0.000				
C _m	1.000		1.000		1.000	1.000				
C ₁			-		1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < \underline{0.01}$ ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A: 11.80 cm²
f_y: 275.00 MPa
N_{cr}: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : 0.070 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{21.67} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{309.05} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{11.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

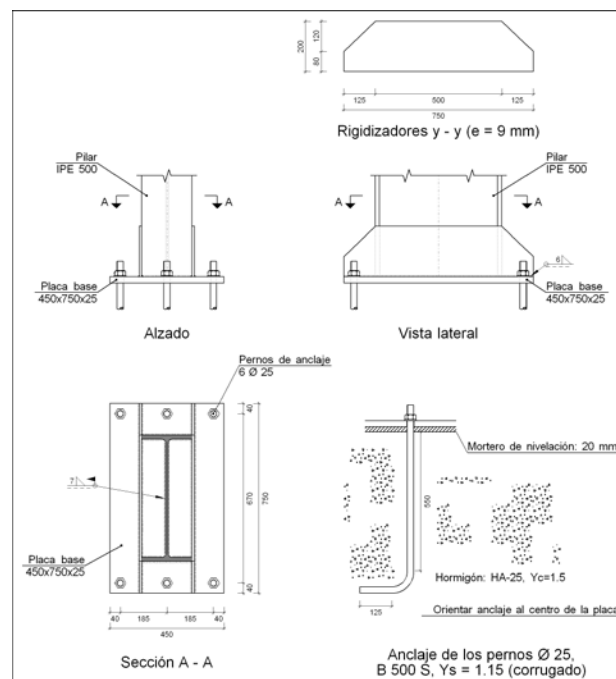
11 PLACAS DE ANCLAJE

En este apartado se van a describir y representar los cálculos efectuados sobre las placas de anclaje de nuestra nave industrial. Dado que se tienen diferentes tipos de placas a lo largo de la nave, a continuación van a ser desglosadas por tipos.

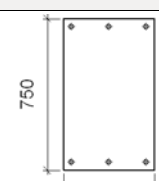
11.1 Placa de anclaje de los pilares de fachada lateral

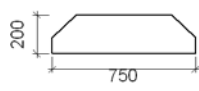
Corresponde con las placas de anclaje pertenecientes a los pilares de los pórticos interiores, desde el pórtico 2 al 10.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		450	750	25	6	25	S275	275.0	430.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		750	200	9	-	-	S275	275.0	430.0

c) Comprobación

1) Pilar IPE 500

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1588	10.2	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)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							430.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 75 mm Calculado: 185 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 76 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 29 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción:	Máximo: 152.79 kN Calculado: 135.5 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 106.95 kN Calculado: 11.81 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 152.79 kN Calculado: 152.38 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 156.15 kN Calculado: 145.07 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 500 MPa Calculado: 299.46 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Limite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 343.75 kN Calculado: 12.46 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
- Derecha:	Calculado: 85.9171 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 85.4884 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 156.62 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 156.62 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 6141.44	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 6049.61	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7782.84	Cumple
- Abajo:	Calculado: 7782.84	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 221.59 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador y-y (x = -105): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	750	9.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 105): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	750	9.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (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 = -105): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						430.0	0.85	

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = 105): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							430.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
430.0	En taller	En ángulo	6	2936
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1588

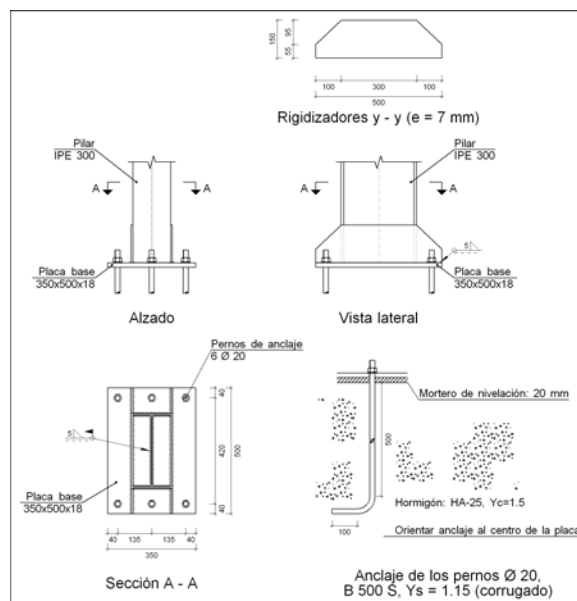
Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	6	T25
Arandelas	6	A25

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x750x25	66.23
	Rigidizadores pasantes	2	750/500x200/80x9	19.08
	Total			85.31
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	6	Ø 25 - L = 620 + 243	19.95
	Total			19.95

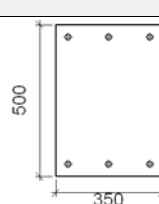

11.2 Placa de anclaje fachada sur

La fachada sur es sobre la se apoya la estructura del altillo, y en este pórtico las placas de anclaje tienen la siguiente tipología.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		350	500	18	6	20	S275	275.0	430.0
Rigidizador		500	150	7	-	-	S275	275.0	430.0

c) Comprobación

1) Pilar IPE 300

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	1057	7.1	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.							430.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 135 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 54 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbellez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.6	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: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 111.12 kN Calculado: 90.54 kN Máximo: 77.78 kN Calculado: 9.78 kN Máximo: 111.12 kN Calculado: 104.51 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 99.86 kN Calculado: 90.66 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 500 MPa Calculado: 294.535 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 198 kN Calculado: 9.78 kN	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
- Derecha:	Calculado: 88.5097 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 88.5097 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 168.679 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 160.56 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1643.32	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1643.32	Cumple
- Arriba:	Calculado: 8148.87	Cumple
- Abajo:	Calculado: 7729.03	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 204.628 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador y-y (x = -79): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	500	7.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 79): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	500	7.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (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 = -79): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						430.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 79): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						430.0	0.85	

d) Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
430.0	En taller	En ángulo	5	1957
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	1057

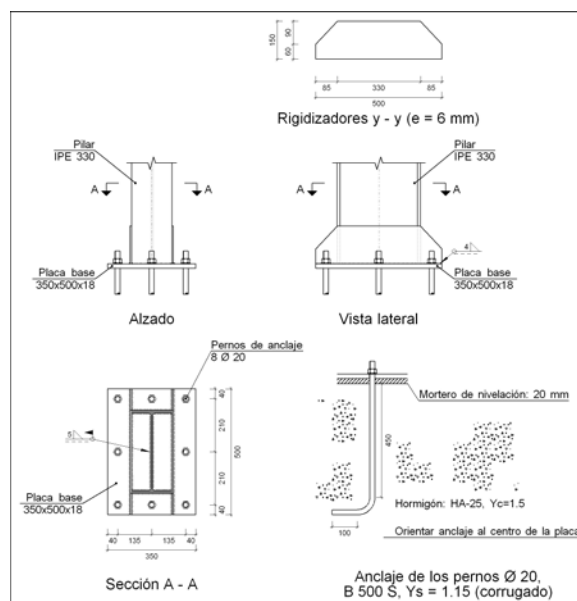
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	6	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	6	ISO 7089-20

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x500x18	24.73
	Rigidizadores pasantes	2	500/300x150/55x7	7.20
	Total			31.93
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	6	Ø 20 - L = 558 + 194	11.13
	Total			11.13

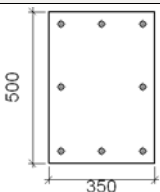

11.3 Placa de anclaje fachada norte

Este pórtico de fachada está en la cara opuesta al pórtico anterior, no forma parte de la estructura del altillo y la tipología de sus placas de anclaje es la siguiente:

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		350	500	18	8	20	S275	275.0	430.0
Rigidizador		500	150	6	-	-	S275	275.0	430.0

c) Comprobación

1) Pilar IPE 330

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	1147	7.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	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.							430.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 135 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 45 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 49.8	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 100.01 kN Calculado: 87.47 kN Máximo: 70.01 kN Calculado: 6.24 kN Máximo: 100.01 kN Calculado: 96.38 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 99.86 kN Calculado: 89.2 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 500 MPa Calculado: 286.495 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 198 kN Calculado: 6.25 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 275 MPa Calculado: 109.963 MPa Calculado: 109.963 MPa Calculado: 140.531 MPa Calculado: 133.851 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 4199.32 Calculado: 4199.32 Calculado: 12125 Calculado: 14531.2	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 252.324 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Rigidizador y-y (x = -83): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	500	6.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = 83): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	500	6.0	90.00	
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (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. (%)		
Rigidizador y-y (x = -83): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							430.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 83): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							430.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
430.0	En taller	En ángulo	4	1954
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	1147

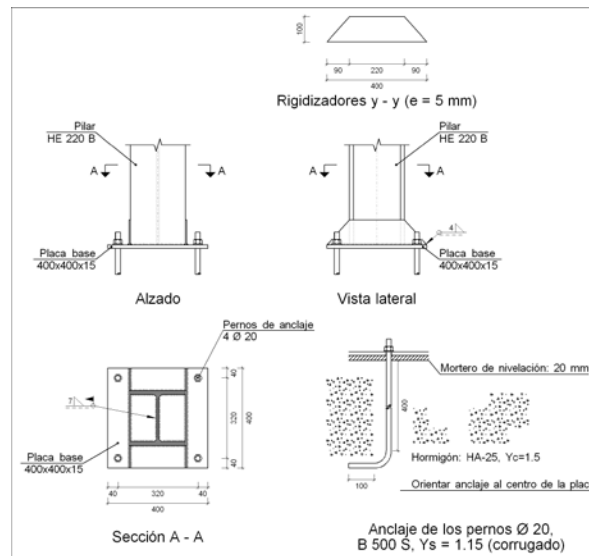
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	8	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-20

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x500x18	24.73
	Rigidizadores pasantes	2	500/330x150/60x6	6.34
	Total			31.07
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 20 - L = 508 + 194$	13.85
	Total			13.85

11.4 Placa de anclaje altillo

El altillo de nuestra nave posee tres pilares en el interior de la misma, alineados en el plano del pórtico interior numero dos, con propia cimentación y por tanto con propia placa de anclaje, que es como la que se representa a continuación.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		400	400	15	4	20	S275	275.0	430.0
Rigidizador		400	100	5	-	-	S275	275.0	430.0

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	1109	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 _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							430.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 320 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 45 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: 46.6	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 88.9 kN Calculado: 78.51 kN Máximo: 62.23 kN Calculado: 4.71 kN Máximo: 88.9 kN Calculado: 85.23 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 99.86 kN Calculado: 81.99 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 500 MPa Calculado: 261.62 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 165 kN Calculado: 4.71 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda:	Máximo: 275 MPa Calculado: 262.657 MPa Calculado: 262.657 MPa	Cumple Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Arriba:	Calculado: 212.616 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 265.579 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>		
	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 497.418	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 497.418	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4530.08	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3653.29	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>		
	Máximo: 275 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador y-y (x = -113): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	400	5.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 113): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	400	5.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (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 = -113): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						430.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 113): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						430.0	0.85	

d) Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
430.0	En taller	En ángulo	4	1536
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1109

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	4	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-20

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	400x400x15	18.84
	Rigidizadores pasantes	2	400/220x100/0x5	2.43
	Total			21.27
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 20 - L = 455 + 194	6.40
	Total			6.40

12 ESTRUCTURA DEL ALTILLO

Está dispuesta entre los pórticos 1 y 2 y a lo largo de los mismos. Formada por vigas y pilares de perfil HE 220 B. Cada unión viga-pilar, queda unida a su vez por un perfil IPE 160 que va de pilar a pilar del pórtico interior 2 a una altura de 6.71 m.

12.1 CARGAS

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N100/N101	Peso propio	Uniforme	0.701	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N101/N63	Peso propio	Uniforme	0.701	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N101/N63	Peso propio	Uniforme	4.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N101/N63	Q 1 (Uso B)	Uniforme	14.000	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N101/N103	Peso propio	Uniforme	0.155	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

12.2 Esfuerzos

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m
N100/N101	Peso propio	N	-23.225	-22.637	-22.049	-21.461	-20.874	-20.286	-19.698	-19.110	-18.522
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	3.251	3.251	3.251	3.251	3.251	3.251	3.251	3.251	3.251
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	7.51	4.78	2.06	-0.67	-3.40	-6.12	-8.85	-11.58	-14.30
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	-46.010	-46.010	-46.010	-46.010	-46.010	-46.010	-46.010	-46.010	-46.010
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	9.56	4.56	-0.43	-5.43	-10.42	-15.42	-20.42	-25.41	-30.41
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	5.25	4.02	2.80	1.57	0.35	-0.88	-2.10	-3.33	-4.55
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V(0°) H1	N	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	
	Vy	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m	
		Vz	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043
		Mt	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
		My	-36.27	-28.68	-21.10	-13.51	-5.93	1.66	9.24	16.83	24.41	
		Mz	5.99	4.76	3.54	2.32	1.10	-0.12	-1.34	-2.56	-3.78	
	V(0°) H2	N	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023
		Vy	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382
		Vz	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470
		Mt	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
		My	-34.20	-27.10	-19.99	-12.89	-5.79	1.32	8.42	15.53	22.63	
		Mz	9.82	7.82	5.82	3.82	1.82	-0.17	-2.17	-4.17	-6.17	
	V(90°) H1	N	3.740	3.740	3.740	3.740	3.740	3.740	3.740	3.740	3.740	3.740
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-4.792	-4.792	-4.792	-4.792	-4.792	-4.792	-4.792	-4.792	-4.792	-4.792
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-18.63	-14.61	-10.60	-6.58	-2.56	1.46	5.48	9.50	13.52	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670	5.670
		Vy	-1.455	-1.455	-1.455	-1.455	-1.455	-1.455	-1.455	-1.455	-1.455	-1.455
		Vz	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043	-9.043
		Mt	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		My	-36.27	-28.68	-21.10	-13.51	-5.93	1.66	9.24	16.83	24.41	
		Mz	-5.99	-4.76	-3.54	-2.32	-1.10	0.12	1.34	2.56	3.78	
	V(180°) H2	N	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023
		Vy	-2.382	-2.382	-2.382	-2.382	-2.382	-2.382	-2.382	-2.382	-2.382	-2.382
		Vz	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470	-8.470
		Mt	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		My	-34.20	-27.10	-19.99	-12.89	-5.79	1.32	8.42	15.53	22.63	
		Mz	-9.82	-7.82	-5.82	-3.82	-1.82	0.17	2.17	4.17	6.17	
	V(270°) H1	N	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	5.030	5.030	5.030	5.030	5.030	5.030	5.030	5.030	5.030	5.030
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
My		21.38	17.16	12.94	8.72	4.50	0.29	-3.93	-8.15	-12.37		
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(EI)	N	-0.971	-0.971	-0.971	-0.971	-0.971	-0.971	-0.971	-0.971	-0.971	-0.971	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	3.07	2.35	1.64	0.92	0.20	-0.51	-1.23	-1.94	-2.66		
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 1	N	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	
	Vy	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087	
	Vz	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	2.30	1.76	1.23	0.69	0.15	-0.38	-0.92	-1.46	-2.00		
	Mz	-0.36	-0.29	-0.21	-0.14	-0.07	0.00	0.08	0.15	0.22		
N(R) 2	N	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	-0.728	
	Vy	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	
	Vz	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.839 m	1.677 m	2.516 m	3.355 m	4.194 m	5.032 m	5.871 m	6.710 m
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	2.30	1.76	1.23	0.69	0.15	-0.38	-0.92	-1.46	-2.00
		Mz	0.36	0.29	0.21	0.14	0.07	0.00	-0.08	-0.15	-0.22

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m	
N101/N63	Peso propio	N	-3.257	-3.257	-3.257	-3.257	-3.257	-3.257	-3.257	-3.257	-3.257	-3.257
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-17.456	-13.168	-8.880	-4.592	-0.303	3.985	8.273	12.561	16.849	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-14.30	-0.91	8.74	14.63	16.77	15.16	9.80	0.69	-12.18	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q 1 (Uso B)	N	-5.961	-5.961	-5.961	-5.961	-5.961	-5.961	-5.961	-5.961	-5.961	-5.961
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-46.008	-33.758	-21.508	-9.258	2.992	15.242	27.492	39.742	51.992	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-30.41	4.49	28.67	42.13	44.87	36.89	18.20	-11.22	-51.35	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q (Uso G1)	N	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.683	-1.683	-1.683	-1.683	-1.683	-1.683	-1.683	-1.683	-1.683	-1.683
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-4.55	-3.08	-1.61	-0.13	1.34	2.81	4.28	5.75	7.23	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V(0°) H1	N	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	
	Vy	-0.053	-0.053	-0.053	-0.053	-0.053	-0.053	-0.053	-0.053	-0.053	-0.053	
	Vz	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	24.41	19.42	14.44	9.45	4.46	-0.53	-5.52	-10.50	-15.49		
	Mz	-0.37	-0.32	-0.27	-0.23	-0.18	-0.14	-0.09	-0.04	0.00		
V(0°) H2	N	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	
	Vy	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	
	Vz	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	
	Mt	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	
	My	22.63	18.22	13.81	9.40	4.98	0.57	-3.84	-8.25	-12.66		
	Mz	-0.58	-0.51	-0.43	-0.36	-0.29	-0.21	-0.14	-0.07	0.01		
V(90°) H1	N	4.808	4.808	4.808	4.808	4.808	4.808	4.808	4.808	4.808	4.808	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	3.751	3.751	3.751	3.751	3.751	3.751	3.751	3.751	3.751	3.751	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	13.52	10.24	6.95	3.67	0.39	-2.89	-6.17	-9.46	-12.74		
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(180°) H1	N	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	9.078	
	Vy	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	
	Vz	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m
		My	24.41	19.42	14.44	9.45	4.46	-0.53	-5.52	-10.50	-15.49
		Mz	0.37	0.32	0.27	0.23	0.18	0.14	0.09	0.04	0.00
	V(180°) H2	N	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503	8.503
		Vy	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084
		Vz	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042	5.042
		Mt	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		My	22.63	18.22	13.81	9.40	4.98	0.57	-3.84	-8.25	-12.66
		Mz	0.58	0.51	0.43	0.36	0.29	0.21	0.14	0.07	-0.01
	V(270°) H1	N	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665	-1.665
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-12.37	-10.91	-9.46	-8.00	-6.54	-5.09	-3.63	-2.17	-0.72
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-0.857	-0.857	-0.857	-0.857	-0.857	-0.857	-0.857	-0.857	-0.857
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.984	-0.984	-0.984	-0.984	-0.984	-0.984	-0.984	-0.984	-0.984
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.66	-1.80	-0.94	-0.08	0.78	1.64	2.50	3.36	4.22
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643
		Vy	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Vz	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
My		-2.00	-1.35	-0.70	-0.06	0.59	1.23	1.88	2.52	3.17	
Mz		0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	
N(R) 2	N	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	-0.643	
	Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	
	Vz	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	-0.738	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-2.00	-1.35	-0.70	-0.06	0.59	1.23	1.88	2.52	3.17	
	Mz	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m
N101/N103	Peso propio	N	47.609	47.609	47.609	47.609	47.609	47.609	47.609	47.609	47.609
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	-0.533	-0.398	-0.262	-0.127	0.009	0.144	0.280	0.415	0.550
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.61	-0.20	0.08	0.25	0.31	0.24	0.05	-0.25	-0.67
		Mz	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
		Q 1 (Uso B)	N	1.720	1.720	1.720	1.720	1.720	1.720	1.720	1.720
	Vy		-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
	Vz		-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
	Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m	
		Mz	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	Q (Uso G1)	N	59.265	59.265	59.265	59.265	59.265	59.265	59.265	59.265	59.265	59.265
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.02	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05
		Mz	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	V(0°) H1	N	-69.414	-69.414	-69.414	-69.414	-69.414	-69.414	-69.414	-69.414	-69.414	-69.414
		Vy	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069
		Vz	0.521	0.521	0.521	0.521	0.521	0.521	0.521	0.521	0.521	0.521
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	1.86	1.40	0.94	0.49	0.03	-0.42	-0.88	-1.33	-1.79	-1.79
		Mz	0.25	0.19	0.13	0.07	0.01	-0.05	-0.11	-0.17	-0.23	-0.23
	V(0°) H2	N	-42.681	-42.681	-42.681	-42.681	-42.681	-42.681	-42.681	-42.681	-42.681	-42.681
		Vy	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
		Vz	0.860	0.860	0.860	0.860	0.860	0.860	0.860	0.860	0.860	0.860
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	3.07	2.31	1.56	0.81	0.06	-0.70	-1.45	-2.20	-2.95	-2.95
		Mz	0.34	0.26	0.17	0.09	0.00	-0.08	-0.17	-0.25	-0.34	-0.34
	V(90°) H1	N	-58.413	-58.413	-58.413	-58.413	-58.413	-58.413	-58.413	-58.413	-58.413	-58.413
		Vy	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		Vz	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
		Mz	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03
	V(180°) H1	N	-70.923	-70.923	-70.923	-70.923	-70.923	-70.923	-70.923	-70.923	-70.923	-70.923
		Vy	-0.033	-0.033	-0.033	-0.033	-0.033	-0.033	-0.033	-0.033	-0.033	-0.033
		Vz	-0.551	-0.551	-0.551	-0.551	-0.551	-0.551	-0.551	-0.551	-0.551	-0.551
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-1.93	-1.45	-0.96	-0.48	0.00	0.48	0.97	1.45	1.93	1.93
		Mz	-0.11	-0.08	-0.05	-0.02	0.01	0.04	0.06	0.09	0.12	0.12
	V(180°) H2	N	-45.147	-45.147	-45.147	-45.147	-45.147	-45.147	-45.147	-45.147	-45.147	-45.147
		Vy	-0.064	-0.064	-0.064	-0.064	-0.064	-0.064	-0.064	-0.064	-0.064	-0.064
		Vz	-0.879	-0.879	-0.879	-0.879	-0.879	-0.879	-0.879	-0.879	-0.879	-0.879
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-3.11	-2.34	-1.57	-0.80	-0.03	0.73	1.50	2.27	3.04	3.04
		Mz	-0.22	-0.16	-0.11	-0.05	0.00	0.06	0.12	0.17	0.23	0.23
	V(270°) H1	N	-54.243	-54.243	-54.243	-54.243	-54.243	-54.243	-54.243	-54.243	-54.243	-54.243
		Vy	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
	N(EI)	N	34.646	34.646	34.646	34.646	34.646	34.646	34.646	34.646	34.646	34.646
		Vy	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
		Vz	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03
		Mz	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m	
	N(R) 1	N	25.939	25.939	25.939	25.939	25.939	25.939	25.939	25.939	25.939	25.939
		Vy	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		Vz	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.10	-0.08	-0.06	-0.03	-0.01	0.01	0.04	0.06	0.06	0.08
		Mz	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
		N(R) 2	N	26.029	26.029	26.029	26.029	26.029	26.029	26.029	26.029	26.029
	Vy	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
	Vz	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.12	0.09	0.06	0.03	0.00	-0.03	-0.06	-0.09	-0.09	-0.13	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	

12.3 Flechas

Referencias:

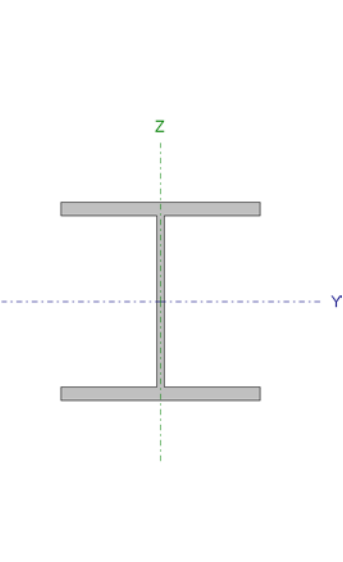
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	
N100/N101	6.710	17.27	6.710	24.99	6.710	34.54	6.710	41.35	
	6.710	L/388.5	6.710	L/268.5	6.710	L/388.5	6.710	L/268.5	
N101/N63	3.063	0.31	3.500	13.24	3.063	0.62	3.500	15.60	
	3.063	L(>1000)	3.500	L/528.5	3.063	L(>1000)	3.500	L/528.5	
N101/N103	1.313	1.95	1.750	1.43	1.313	3.20	1.750	2.85	
	1.313	L(>1000)	1.313	L(>1000)	1.313	L(>1000)	1.313	L(>1000)	

12.4 Comprobaciones E.L.U.

Barra N100/N101

Perfil: HE 220 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N100	N101	6.710	91.00	8091.00	2843.00	76.57
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	1.05	1.17	0.00	0.00		
	L _k	7.021	7.843	0.000	0.000		
	C _m	0.900	0.900	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.45 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 91.00 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 1195.35 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 2725.96 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 1195.35 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \quad \infty$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \quad \underline{8091.00} \quad \text{cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \quad \underline{2843.00} \quad \text{cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \quad \underline{76.57} \quad \text{cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \quad \underline{295400.00} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \quad \underline{210000} \quad \text{MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \quad \underline{81000} \quad \text{MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \quad \underline{7.843} \quad \text{m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \quad \underline{7.021} \quad \text{m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \quad \underline{0.000} \quad \text{m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \quad \underline{10.96} \quad \text{cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \quad \underline{9.43} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \quad \underline{5.59} \quad \text{cm}$$

y_0 , z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \quad \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_0 : \quad \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$19.79 \leq 163.18 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \quad \underline{188.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{9.50} \quad \text{mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \quad \underline{17.86} \quad \text{cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \quad \underline{35.20} \quad \text{cm}^2$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.043} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.130} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.5·Q1(B)+0.9·V(270°)H1+0.75·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{102.59} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{2383.33} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{792.15 \text{ kN}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{91.00 \text{ cm}^2}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.62}$$

$$\chi_z : \underline{0.33}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{1.09}$$

$$\phi_z : \underline{1.85}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.96}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.45}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1195.35 \text{ kN}}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2725.96 \text{ kN}}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1195.35 \text{ kN}}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.360} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{25.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q1(B) + 0.9 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{78.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{216.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.145} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{14.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{14.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{103.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,z} : 393.90 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.060 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP + 1.05·Q1(B) + 1.5·V(270°)H1 + 0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 18.83 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} : 316.03 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 20.90 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 220.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 9.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$19.79 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{19.79}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.64} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{1105.96} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{73.14} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma. **d**: 188.00 mm
t_w: Espesor del alma. **t_w**: 9.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}**: 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y**: 275.00 MPa

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo}**: 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$18.83 \text{ kN} \leq 158.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}**: 18.83 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}**: 316.03 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$3.64 \text{ kN} \leq 552.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}**: 3.64 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}**: 1105.96 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.401} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.405} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.326} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N101, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(B)+0.9·V(270°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{96.25} \text{ kN}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{78.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{2383.33} \text{ kN}$$

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.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{216.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{103.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.05}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.17}$$

$$C_{m,y}, C_{m,z}: \text{Factores de momento flector uniforme equivalente.} \quad C_{m,y} : \underline{0.90}$$

$$C_{m,z} : \underline{0.90}$$

$$\chi_y, \chi_z: \text{Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad \chi_y : \underline{0.62}$$

$$\chi_z : \underline{0.33}$$

$$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z: \text{Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{0.96}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.45}$$

$$\alpha_y, \alpha_z: \text{Factores dependientes de la clase de la sección.} \quad \alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{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 $1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 18.83 \text{ kN} \leq 157.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$$V_{Ed,z}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed,z} : \underline{18.83} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd,z} : \underline{315.95} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

$$M_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : \underline{7.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$W_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.016} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.194 m del nudo N100, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{5.16} \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{315.95} \text{ kN}$$

Donde:

$$V_{pl,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{pl,Rd} : \underline{316.03} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed}: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} \quad \tau_{T,Ed} : \underline{0.09} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$$W_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.53} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1105.68} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{1105.96} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: 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.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

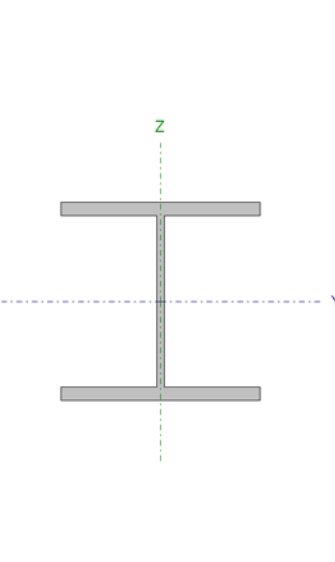
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Barra N101/N63

Perfil: HE 220 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N101	N63	7.000	91.00	8091.00	2843.00	76.57
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β		0.00	1.00	0.00	0.00	
	L _K		0.000	7.000	0.000	0.000	
	C _m		1.000	0.950	1.000	1.000	
	C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.86 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 91.00 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 3422.36 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y} :** 3422.36 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** ∞

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{8091.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{2843.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{76.57} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{295400.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{7.000} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{10.96} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{9.43} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{5.59} \text{ cm}$$

y_0 , z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$19.79 \leq 163.18 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{188.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{17.86} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{35.20} \text{ cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{11.01} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{2383.33} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(B)+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{18.87} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{2383.33} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{1644.25} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.69}$$

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.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.86}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : \underline{3422.36} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{3422.36} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.496} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot Q(G1)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q1(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{107.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{216.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{103.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.335} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(B)+0.9·V(180°)H1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{105.86} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{316.03} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{20.90} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{220.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 19.79 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{19.79}$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{1105.96} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{73.14} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \underline{188.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 94.81 \text{ kN} \leq 158.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q1(B) + 0.9 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{94.81} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{316.03} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.13 \text{ kN} \leq 552.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{1105.96} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.498} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.475} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.285} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N63, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(B)+0.9·V(180°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{5.17} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{107.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{2383.33} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{216.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{103.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{0.95}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.69}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.86}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+1.5·Q1(B)+0.9·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$94.81 \text{ kN} \leq 158.00 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z} : \underline{94.81} \text{ kN}$

 $V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z} : \underline{315.99} \text{ kN}$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.002} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$. $M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd} : \underline{7.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.103} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N63, para la combinación de acciones $PP + 0.3 \cdot Q1(B) + SX - 0.3 \cdot SY$. V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{32.54} \text{ kN}$

 $M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd} : \underline{315.99} \text{ kN}$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{pl,Rd} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{pl,Rd} &: \underline{316.03} \text{ kN} \\ \tau_{T,Ed} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{T,Ed} &: \underline{0.05} \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} W_T &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & W_T &: \underline{47.86} \text{ cm}^3 \\ f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \underline{261.90} \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{Mo} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{Mo} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \qquad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \qquad V_{Ed}: \underline{0.02} \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \qquad M_{T,Ed}: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \qquad V_{pl,T,Rd}: \underline{1105.82} \text{ kN}$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{pl,Rd} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{pl,Rd} &: \underline{1105.96} \text{ kN} \\ \tau_{T,Ed} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{T,Ed} &: \underline{0.05} \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

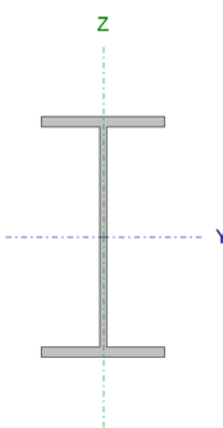
$$\begin{aligned} W_T &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & W_T &: \underline{47.86} \text{ cm}^3 \\ f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \underline{261.90} \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{Mo} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{Mo} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

Barra N101/N103

Perfil: IPE 160							
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)
	N101	N103	7.000	20.10	869.00	68.30	3.60
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	0.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	7.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	0.950	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.23 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 20.10 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 367.57 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y} :** 367.57 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** ∞

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>869.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>68.30</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>3.60</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>3960.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>7.000</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>0.000</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>6.83</u> cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>6.58</u> cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	i_z : <u>1.84</u> cm
	y_0 : <u>0.00</u> mm
	z_0 : <u>0.00</u> mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$29.04 \leq 250.58 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>145.20</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>7.26</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>6.07</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.291} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{153.17} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{526.43} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{20.10} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.130} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.253} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{68.30} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{526.43 \text{ kN}}$$

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.

$$A : \underline{20.10 \text{ cm}^2}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{270.39 \text{ kN}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{20.10 \text{ cm}^2}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.51}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{1.36}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.23}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : \underline{367.57} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{367.57} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.172} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{5.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{32.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{124.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$. M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$. M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{6.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{26.10} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N103, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.06} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{120.97} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{8.00} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$29.04 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{29.04}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 (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 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.14} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{194.15} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{12.84} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{20.10} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{145.20} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.06 \text{ kN} \leq 60.48 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.06} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{120.97} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.14 \text{ kN} \leq 97.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.14} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{ Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{194.15} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.275} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.387} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.244} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N103, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{66.03} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{3.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{0.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$
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.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{526.43} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en	$M_{pl,Rd,y} : \underline{32.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$

condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{6.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{20.10} \text{ cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{124.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{26.10} \text{ cm}^3$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.20}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{0.95}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.51}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.23}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$2.06 \text{ kN} \leq 60.45 \text{ kN}$$



Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{2.06} \text{ kN}$$

V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{120.91} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP-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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{4.86} \text{ cm}^3$$

 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N103, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.53} \text{ kN}$$

 $M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{120.91} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{pl,Rd} : \underline{120.97} \text{ kN}$
$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.	$\tau_{T,Ed} : \underline{0.19} \text{ MPa}$
$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$	
Siendo:	
W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : \underline{4.86} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.688 m del nudo N101, para la combinación de acciones PP+0.3·Q1(B)+SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed} : \underline{0.10} \text{ kN}$
$M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{194.06} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{pl,Rd} : \underline{194.15} \text{ kN}$
$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.	$\tau_{T,Ed} : \underline{0.19} \text{ MPa}$
$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$	
Siendo:	
W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : \underline{4.86} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$



DOCUMENTO 3

PRESUPUESTO

Obra: Nave presupuesto CARLES

Presupuesto				% C.I. 3						
Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)				
PRESUPUESTO O DEFINITIVO CARLES	Capítulo		Nave presupuesto CARLES		580,499.89	580,499.89				
C	Capítulo		Cimentaciones		39,244.93	39,244.93				
CR	Capítulo		Regularización		2,334.30	2,334.30				
CRL030	Partida	m²	Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20 fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.	245.200	9.52	2,334.30				
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
				1	1	6.760		6.760		
				2	1	6.760		6.760		
				3	1	8.740		8.740		
				4	1	8.740		8.740		
				5	1	8.740		8.740		
				6	1	8.740		8.740		
				7	1	8.740		8.740		
				8	1	8.740		8.740		
				9	1	8.740		8.740		
				10	1	8.740		8.740		
				11	1	8.740		8.740		
				12	1	8.740		8.740		
				13	1	8.740		8.740		
				14	1	8.740		8.740		
				15	1	8.740		8.740		
				16	1	8.740		8.740		
				17	1	8.740		8.740		
				18	1	8.740		8.740		
				19	1	8.740		8.740		
				20	1	8.740		8.740		
				21	1	6.760		6.760		
				22	1	6.760		6.760		
				23	1	6.760		6.760		
				24	1	6.760		6.760		
				25	1	6.760		6.760		
				26	1	6.760		6.760		
				27	1	6.760		6.760		
				28	1	6.760		6.760		
				29	1	6.760		6.760		
				30	1	6.760		6.760		
				31	1	6.760		6.760	245.200	
			CR						2,334.30	2,334.30
CS	Capítulo		Superficiales						27,579.89	27,579.89
CSZ030	Partida	m²	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 31,3 kg/m³.	199.724	138.09					27,579.89
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
				1	1	2.600	2.600	0.700	4.732	
				2	1	2.600	2.600	0.700	4.732	
				3	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				4	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				5	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				6	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				7	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				8	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				9	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				10	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				11	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				12	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				13	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				14	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				15	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				16	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				17	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				18	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				19	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				20	1	2.300	3.800	0.900	7.866	
				21	1	2.600	2.600	0.600	4.056	
				22	1	2.600	2.600	0.600	4.056	
				23	1	2.600	2.600	0.600	4.056	
				24	1	2.600	2.600	0.600	4.056	
				25	1	2.600	2.600	0.600	4.056	
				26	1	2.600	2.600	0.700	4.732	
				27	1	2.600	2.600	0.700	4.732	
				28	1	2.600	2.600	0.700	4.732	

Nave con correas - Pieza (N12/N15)	1	1,091.230	1,091.230
Nave con correas - Pieza (N14/N15)	1	1,091.230	1,091.230
Nave con correas - Pieza (N51/N52)	1	422.330	422.330
Nave con correas - Pieza (N52/N55)	1	263.970	263.970
Nave con correas - Pieza (N54/N55)	1	263.970	263.970
Nave con correas - Pieza (N58/N56)	1	451.890	451.890
Nave con correas - Pieza (N59/N55)	1	481.460	481.460
Nave con correas - Pieza (N60/N57)	1	451.890	451.890
Nave con correas - Pieza (N1/N2)	1	491.410	491.410
Nave con correas - Pieza (N2/N5)	1	263.970	263.970
Nave con correas - Pieza (N4/N5)	1	263.970	263.970
Nave con correas - Pieza (N68/N66)	1	525.810	525.810
Nave con correas - Pieza (N69/N5)	1	560.210	560.210
Nave con correas - Pieza (N70/N67)	1	525.810	525.810
Nave con correas - Pieza (N8/N9)	1	910.600	910.600
Nave con correas - Pieza (N13/N14)	1	910.600	910.600
Nave con correas - Pieza (N53/N54)	1	422.330	422.330
Nave con correas - Pieza (N3/N4)	1	491.410	491.410
Nave con correas - Pieza (N76/N78)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N77/N79)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N78/N80)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N79/N81)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N80/N82)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N81/N83)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N82/N84)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N83/N85)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N84/N86)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N85/N87)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N86/N88)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N87/N89)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N88/N90)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N89/N91)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N90/N92)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N91/N93)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N7/N12)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N9/N14)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N12/N17)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N14/N19)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N17/N22)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N19/N24)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N22/N27)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N24/N29)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N27/N32)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N29/N34)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N32/N37)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N34/N39)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N37/N42)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N39/N44)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N42/N47)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N44/N49)	1	131.330	131.330
Nave con correas - Pieza (N16/N17)	1	910.600	910.600
Nave con correas - Pieza (N17/N20)	1	1,091.230	1,091.230

Nave con correas - Pieza (N19/N20)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N18/N19)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N26/N27)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N27/N30)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N29/N30)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N28/N29)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N31/N32)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N32/N35)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N34/N35)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N33/N34)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N21/N22)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N22/N25)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N24/N25)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N23/N24)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N36/N37)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N37/N40)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N39/N40)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N38/N39)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N41/N42)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N42/N45)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N44/N45)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N43/N44)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N46/N47)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N47/N50)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N49/N50)	1	1,091.230				1,091.230	
Nave con correas - Pieza (N48/N49)	1	910.600				910.600	
Nave con correas - Pieza (N92/N99)	1	110.450				110.450	
Nave con correas - Pieza (N99/N101)	1	110.450				110.450	
Nave con correas - Pieza (N101/N103)	1	110.450				110.450	
Nave con correas - Pieza (N103/N93)	1	110.450				110.450	
Nave con correas - Pieza (N154/N164)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N155/N165)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N156/N166)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N157/N167)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N158/N168)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N159/N169)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N160/N170)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N161/N171)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N162/N172)	1	901.180				901.180	
Nave con correas - Pieza (N163/N173)	1	901.180				901.180	55,569.530

EAM040d Partida kg Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie L, con uniones soldadas en obra. 6,243.840 2.25 14,048.64

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Nave con correas - Pieza (N53/N64)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N60/N65)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N58/N61)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N51/N62)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N3/N74)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N70/N75)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N68/N71)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N1/N72)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N1/N76)	1	89.820			89.820	
Nave con correas - Pieza (N3/N77)	1	89.820			89.820	

Nave con correas - Pieza (N6/N71)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N8/N75)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N76/N2)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N77/N4)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N71/N7)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N75/N9)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N61/N47)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N65/N49)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N92/N52)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N93/N54)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N51/N92)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N53/N93)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N46/N61)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N48/N65)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N94/N5)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N66/N10)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N7/N66)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N2/N94)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N95/N55)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N52/N95)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N47/N56)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N56/N50)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N96/N5)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N4/N96)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N9/N67)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N67/N10)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N57/N50)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N97/N55)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N54/N97)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N49/N57)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N16/N82)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N18/N83)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N82/N17)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N83/N19)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N80/N22)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N81/N24)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N21/N80)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N23/N81)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N86/N27)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N87/N29)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N26/N86)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N28/N87)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N31/N84)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N33/N85)	1	89.820	89.820
Nave con correas - Pieza (N84/N32)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N85/N34)	1	71.650	71.650
Nave con correas - Pieza (N17/N106)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N106/N20)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N105/N25)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N22/N105)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N27/N108)	1	91.930	91.930
Nave con correas - Pieza (N108/N30)	1	91.930	91.930

			Nave con correas - Pieza (N107/N35)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N32/N107)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N24/N112)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N112/N25)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N113/N20)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N19/N113)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N115/N30)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N114/N35)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N34/N114)	1	91.930			91.930		
			Nave con correas - Pieza (N29/N115)	1	91.930			91.930	6,243.840	
EAM040e	Partida	kg	Acero S235JRC en estructura metálica, con piezas simples de perfiles conformados en frío de la serie Z, con uniones soldadas en obra.					11,189.520	2.16	24,169.36
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			Nave con correas - Pieza (N118/N127)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N119/N128)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N120/N129)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N121/N130)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N122/N131)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N123/N132)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N124/N133)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N125/N134)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N126/N135)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N136/N137)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N138/N139)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N140/N141)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N142/N143)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N144/N145)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N146/N147)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N148/N149)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N150/N151)	1	621.640			621.640		
			Nave con correas - Pieza (N152/N153)	1	621.640			621.640	11,189.520	
EAS	Capítulo		Pilares					1,398.41		1,398.41
EAS006	Partida	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 250x250 mm y espesor 15 mm, con 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 50 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.					31.000	45.11	1,398.41
			EAS						1,398.41	1,398.41
			EA						177,946.12	177,946.12
			E						177,946.12	177,946.12
A	Capítulo		Acondicionamiento del terreno						62,694.69	62,694.69
AD	Capítulo		Movimiento de tierras en edificación						10,394.94	10,394.94
ADL	Capítulo		Desbroce y limpieza						3,448.06	3,448.06
ADL005	Partida	m²	Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.					4,478.000	0.77	3,448.06
			ADL						3,448.06	3,448.06
ADE	Capítulo		Excavaciones						6,946.88	6,946.88
ADE010	Partida	m³	Excavación en zanjas para cimentaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.					272.000	25.54	6,946.88
			ADE						6,946.88	6,946.88
			AD						10,394.94	10,394.94
AM	Capítulo		Mejoras del terreno						17,882.15	17,882.15
AMC	Capítulo		Compactaciones						17,882.15	17,882.15
AMC010	Partida	m³	Relleno a cielo abierto con zahorra natural caliza, y compactación al 95% del Proctor Modificado con compactador tándem autopropulsado, en tongadas de 30 cm de espesor, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, para mejora de las propiedades resistentes del terreno de apoyo de la cimentación.					671.000	26.65	17,882.15
			AMC						17,882.15	17,882.15
			AM						17,882.15	17,882.15
AN	Capítulo		Nivelación						34,417.60	34,417.60
ANS	Capítulo		Soleras						34,417.60	34,417.60
ANS010	Partida	m²	Solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor, realizada con hormigón HM-20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, extendido y vibrado manual, con acabado superficial mediante fratasadora mecánica.					1,960.000	17.56	34,417.60
			ANS						34,417.60	34,417.60
			AN						34,417.60	34,417.60
			A						62,694.69	62,694.69
F	Capítulo		Fachadas						53,279.27	53,279.27
FL	Capítulo		Ligeras						53,279.27	53,279.27

FLM	Capítulo	Paneles sándwich			53,279.27	53,279.27
FLM010	Partida	m²	Cerramiento de fachada formado por panel sándwich aislante para fachadas, de 35 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa lisa de acero galvanizado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m³, con sistema de fijación oculto.	1,117.200	47.69	53,279.27
			FLM		53,279.27	53,279.27
			FL		53,279.27	53,279.27
			F		53,279.27	53,279.27
U	Capítulo	Urbanización interior de la parcela			46,854.62	46,854.62
UX	Capítulo	Pavimentos exteriores			26,615.26	26,615.26
UXF	Capítulo	De aglomerado asfáltico			26,615.26	26,615.26
UXF010	Partida	m²	Pavimento de 8 cm de espesor, realizado con mezcla bituminosa continua en caliente de composición densa, tipo D12.	2,518.000	10.57	26,615.26
			UXF		26,615.26	26,615.26
			UX		26,615.26	26,615.26
UV	Capítulo	Cerramientos exteriores			17,093.36	17,093.36
UVM	Capítulo	Muros			12,080.20	12,080.20
UVM010	Partida	m	Muro de cerramiento de 1 m de altura, con pilastras intermedias, de 10 cm de espesor de fábrica, de bloque CV de hormigón, liso hidrófugo, color crema, 40x20x10 cm, resistencia normalizada R10 (10 N/mm²), con junta de 1 cm, recibida con mortero de cemento M-10.	220.000	54.91	12,080.20
			UVM		12,080.20	12,080.20
UVP	Capítulo	Puertas			5,013.16	5,013.16
UVP010	Partida	Ud	Puerta cancela metálica de carpintería metálica, de una hoja batiente, dimensiones 300x200 cm, para acceso de vehículos, apertura manual.	2.000	2,440.59	4,881.18
UVP020	Partida	Ud	Puerta de paso de 1x2 m constituida por malla de simple torsión con acabado galvanizado en caliente de 8 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro.	1.000	131.98	131.98
			UVP		5,013.16	5,013.16
			UV		17,093.36	17,093.36
UJ	Capítulo	Jardinería			3,146.00	3,146.00
UJP	Capítulo	Suministro y plantación de especies			3,146.00	3,146.00
UJP010	Partida	Ud	Palmera tropical, suministrado en contenedor.	4.000	786.50	3,146.00
			UJP		3,146.00	3,146.00
			UJ		3,146.00	3,146.00
			U		46,854.62	46,854.62
Q	Capítulo	Cubiertas			160,538.40	160,538.40
QL	Capítulo	Lucernarios			79,539.20	79,539.20
QLL	Capítulo	Placas translúcidas sintéticas			79,539.20	79,539.20
QLL010	Partida	m²	Lucernario a un agua con una luz máxima menor de 3 m revestido con placas alveolares de policarbonato celular incolora y 6 mm de espesor.	320.000	248.56	79,539.20
			QLL		79,539.20	79,539.20
			QL		79,539.20	79,539.20
QT	Capítulo	Inclinadas			80,999.20	80,999.20
QTA	Capítulo	Chapas de acero			80,999.20	80,999.20
QTA010	Partida	m²	Cubierta inclinada de panel sándwich lacado+aislante+galvanizado de 50 mm de espesor, con una pendiente mayor del 10%.	1,648.000	49.15	80,999.20
			QTA		80,999.20	80,999.20
			QT		80,999.20	80,999.20
			Q		160,538.40	160,538.40
P	Capítulo	Particiones			37,299.78	37,299.78
PT	Capítulo	Tabiques			37,299.78	37,299.78
PTS	Capítulo	Sistemas, tabique de fábrica y placas			37,299.78	37,299.78
PTS020	Partida	m²	Partición interior para tabiquería, realizada mediante el sistema "DBBLOK", formada por una hoja de fábrica de 6,5 cm de espesor de ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, recibida con mortero de cemento M-7,5, revestida por ambas caras con 15 mm de yeso de construcción B1, proyectado, acabado enlucido con yeso de aplicación en capa fina C6.	882.000	42.29	37,299.78
			PTS		37,299.78	37,299.78
			PT		37,299.78	37,299.78
			P		37,299.78	37,299.78
I	Capítulo	Instalaciones			2,642.08	2,642.08
IS	Capítulo	Evacuación de aguas			2,642.08	2,642.08
ISC	Capítulo	Canalones			2,642.08	2,642.08
ISC010	Partida	m	Canalón circular de PVC con óxido de titanio, para encolar, de desarrollo 250 mm, color gris claro.	196.000	13.48	2,642.08
			ISC		2,642.08	2,642.08
			IS		2,642.08	2,642.08
			I		2,642.08	2,642.08
			PRESUPUESTO DEFINITIVO CARLES		580,499.89	580,499.89

RESUMEN PRESUPUESTO NAVE SITA EN PATERNA 1960 m².

CAPÍTULO	IMPORTE €
1. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	
1.1. Movimiento de tierras en edificación.....	10,394.94
1.2. Desbroce y limpieza.....	3,440.94
1.3. Excavación de vigas de atado y zapatas.....	6,946.88
1.4. Mejora del terreno, compactación.....	17,882.15
1.5. Solera.....	34,417.60
Total	62,279.27
2. CIMENTACIONES	
2.1. Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20.....	2,334.30
2.2. Zapatas de hormigón armado HA-25/B/20/IIa.....	27,579.89
2.3. Vigas de atado.....	9,330.74
Total	39,244.93
3. ESTRUCTURAS	
3.1. Acero S275JR (incluidas placas de anclaje).....	153,776.76
3.2. Acero S235JR	24,169.36
Total	177,946.12
4. FACHADAS	
4.1. Paneles sandwich.....	53,279.27
4.2. Muro de obra hasta.....	37,299.78
Total	90,579.05
5. CUBIERTA	
5.1. Paneles sandwich.....	80,990.20
5.2. Lucernarios.....	79,5539.20
Total	160,538.40

6. INSTALACIONES

6.1. Canalones de evacuación de agua.....2,642.08

Total 2,642.08

7. URBANIZACIÓN DE PARCELA

7.1. Pavimento mezcla bituminosa.....26,615.26

7.2. Muro cerramiento exterior.....12,080.20

7.3. Puertas.....5,013.16

7.4. Jardinería.....3,146.00

Total 46,854.62

Presupuesto de ejecución material (PEM) 580,499.89

13% de gastos generales 75,464.98

6% de beneficio industrial 34,829.99

Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI) 690,976.86

21% IVA 145,105.14

Presupuesto base de licitación (PBL = PEC + IVA) 836,082.00

El presupuesto total asciende a OCHOCIENTOS TREINTA Y SEIS MIL OCHENTA Y DOS EUROS



DOCUMENTO 4

PLANOS

CALLE 3^a (UE2)

C/ALGEPSE (2-UE1)

C/OLLER (B-UE1)

11-4



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON ALTILLO, CON UNA SUPERFICIE DE 1960 m², SITO EN PATERNA (VALENCIA)

Plano: Localización

Autor: Carles Martínez Fernández

Fecha: Septiembre 2015

Escala: S.E.

Nº Plano:

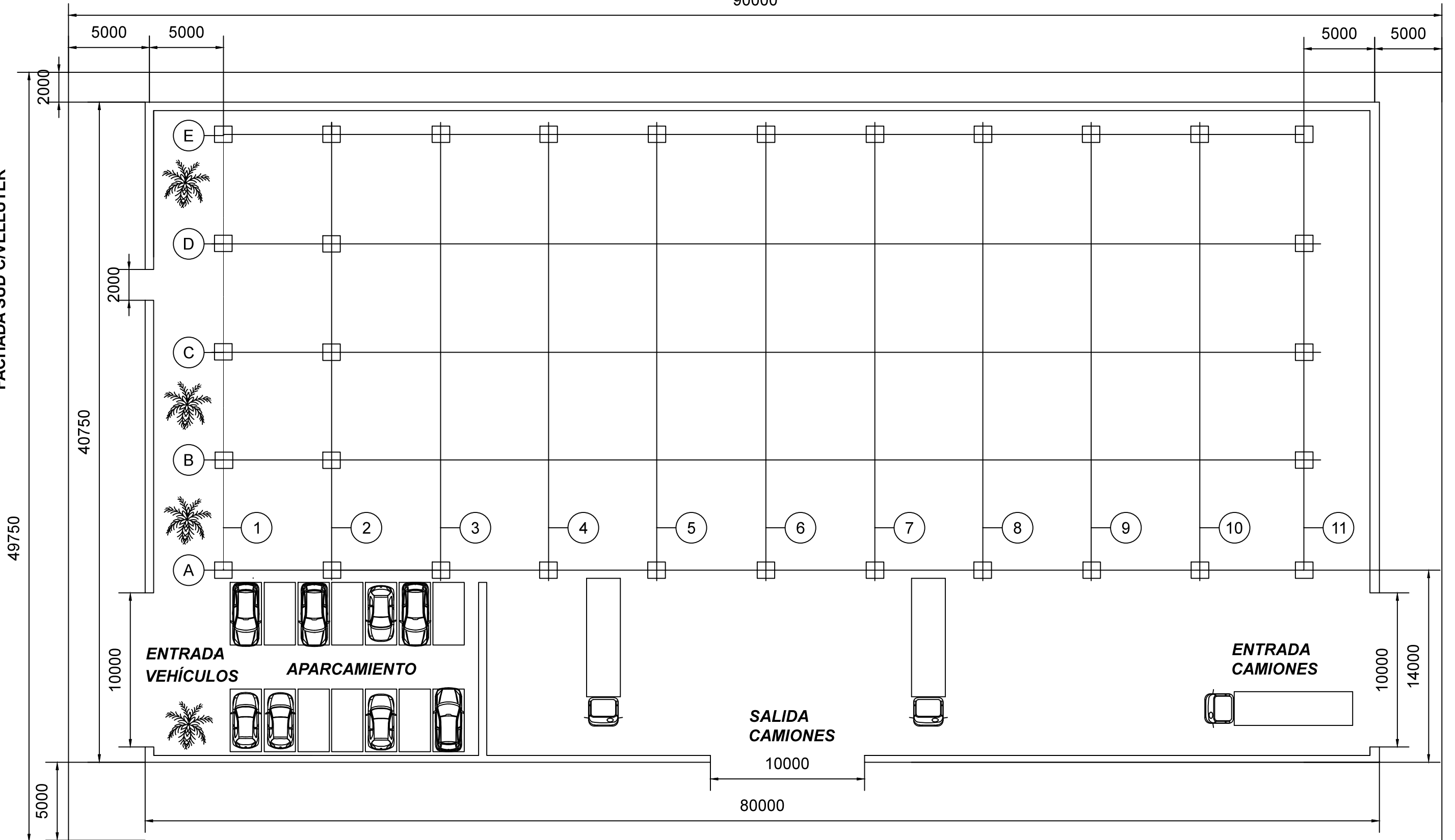
1

FACHADA OESTE

90000

FACHADA SUD C/VELLUTER

FACHADA NORTE C/ALGEPSE



FACHADA ESTE C/OLLER

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON ALTILLO, CON UNA SUPERFICIE DE 1960 m2, SITO EN PATERNA (VALENCIA)

Plano: Urbanización de parcela

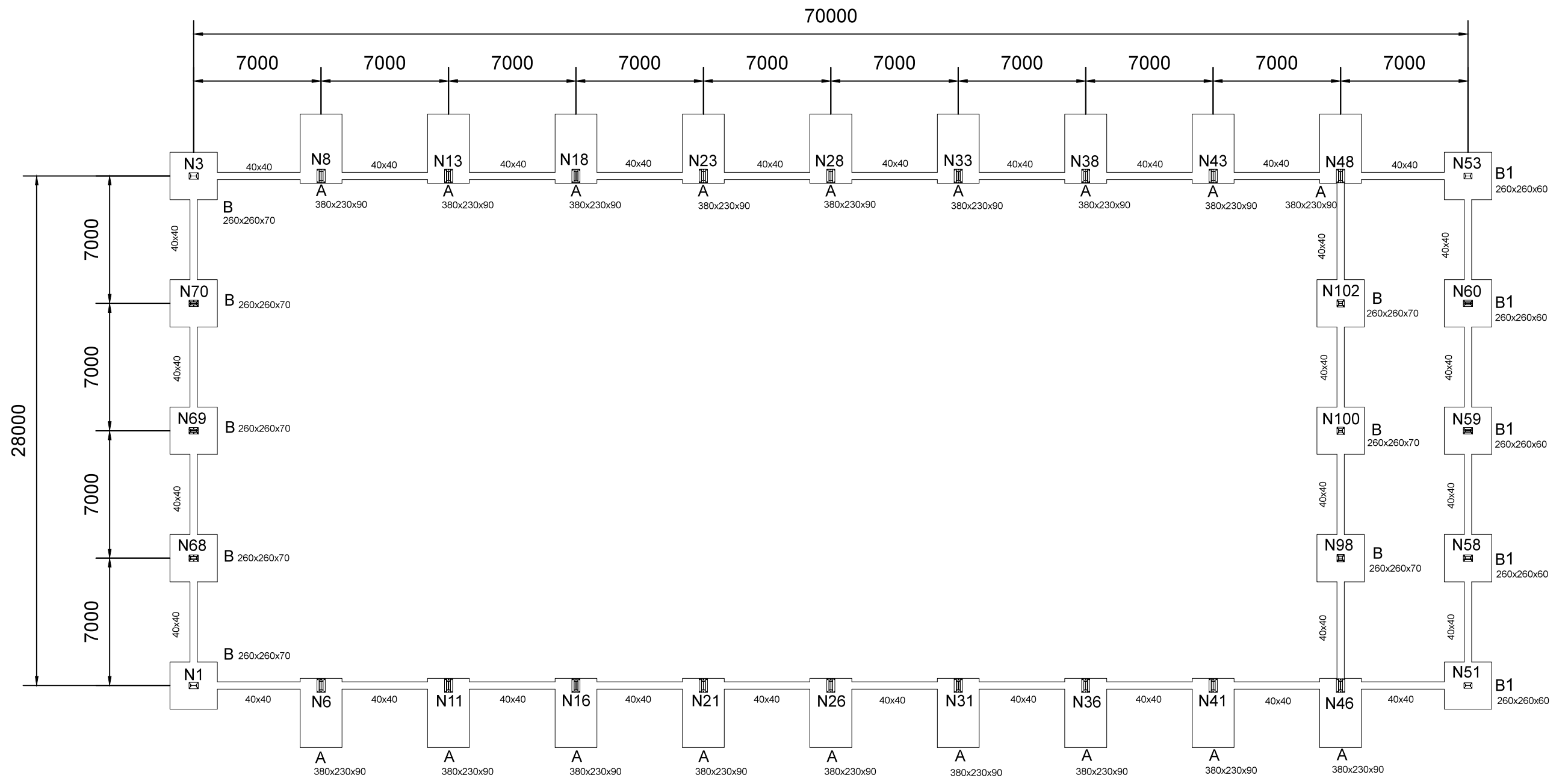
Autor: Carles Martínez Fernández

Fecha: Septiembre 2015

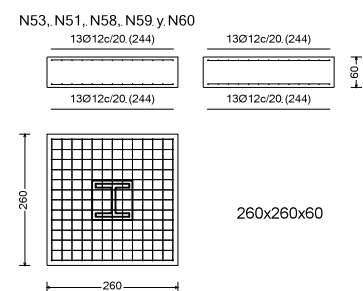
Escala: 1:250

Nº Plano:

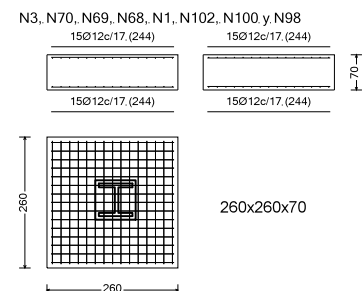
2



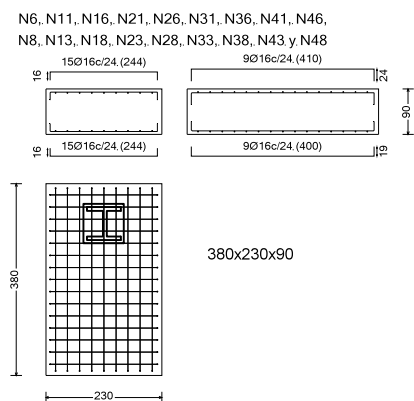
TIPO B1



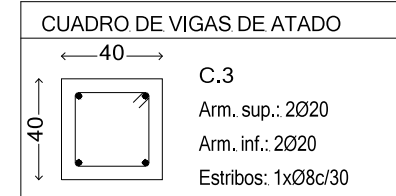
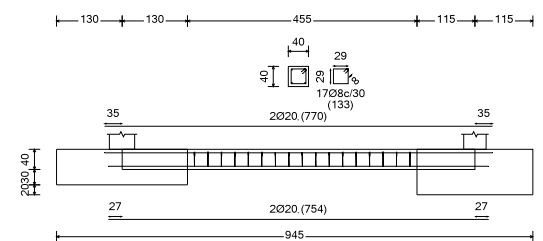
TIPO B



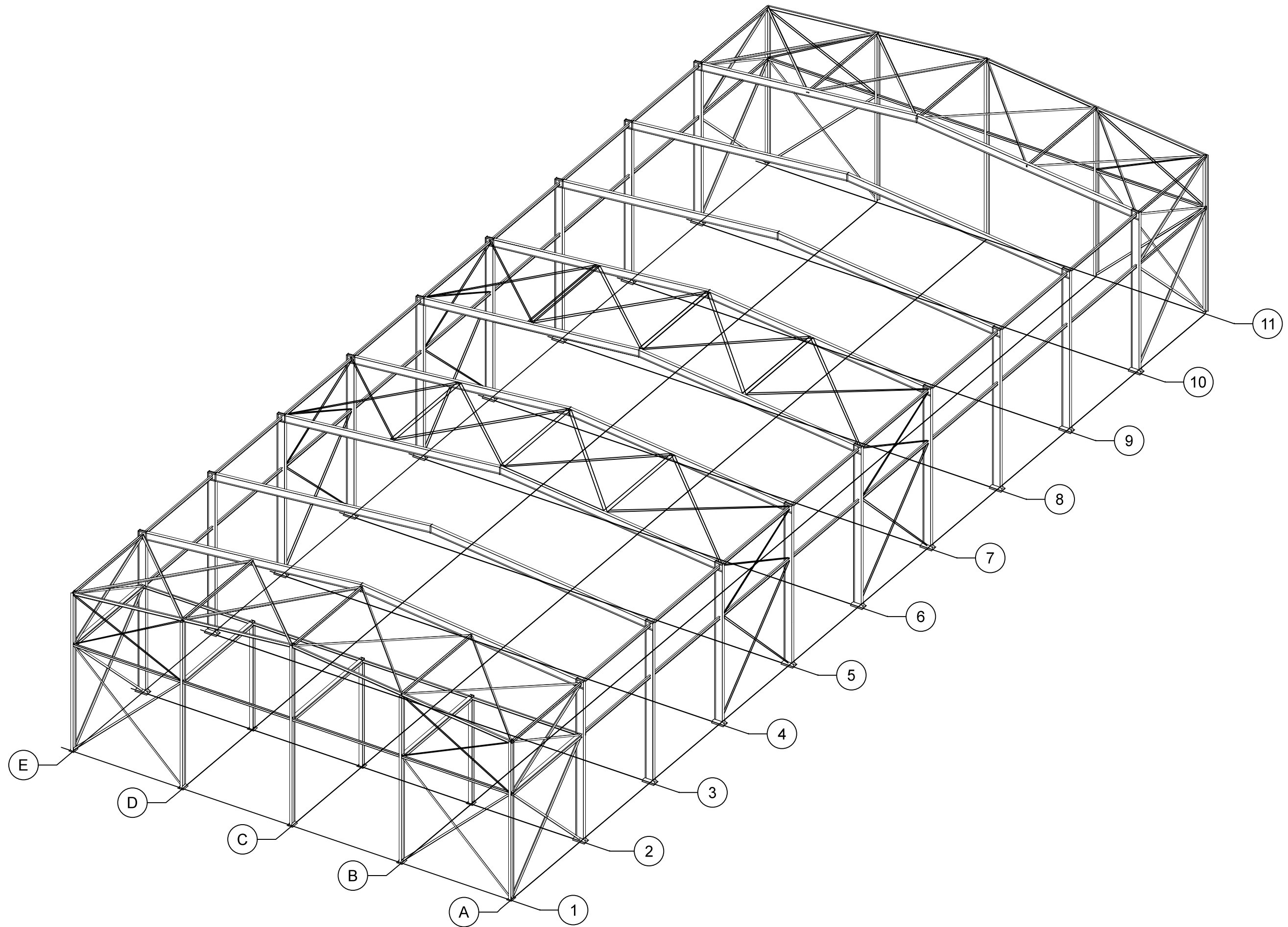
TIPO A

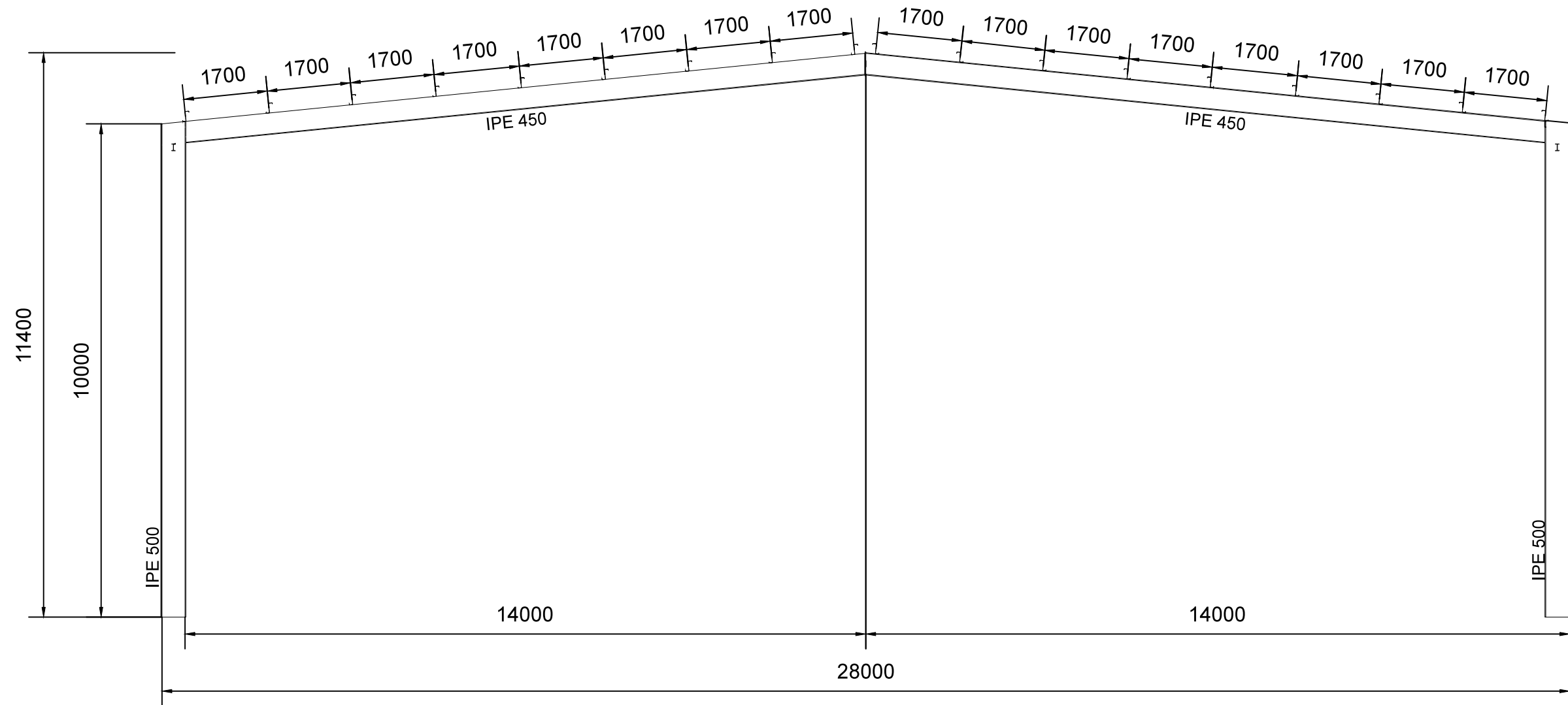


VIGA ATADO

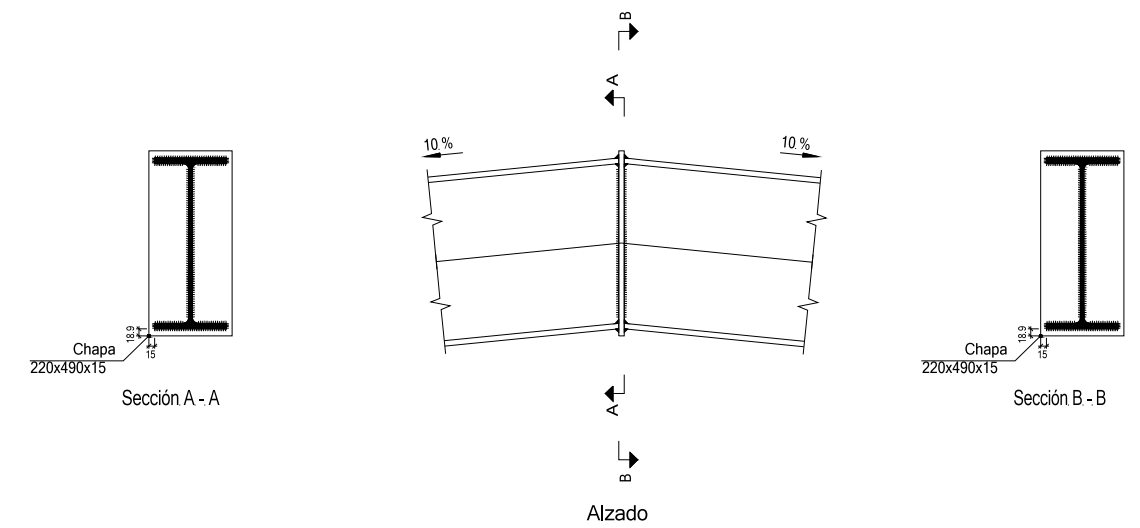
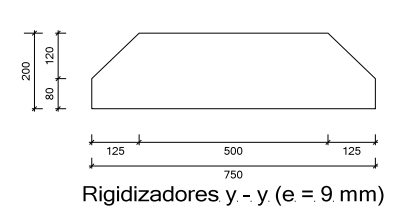
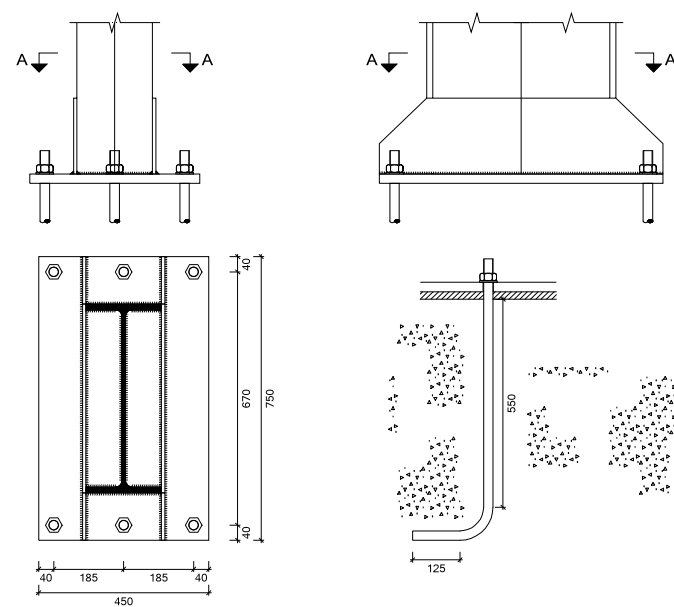




Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Andaje	Dimensión de Placas de Andaje
N53 y N51	4 Pernos Ø 16	Placa base (300x450x18)
N3 y N1	4 Pernos Ø 20	Placa base (350x500x18)
N70, N69 y N68	8 Pernos Ø 20	Placa base (350x500x18)
N58, N59 y N60	6 Pernos Ø 20	Placa base (350x500x18)
N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36, N41, N46 y N48	6 Pernos Ø 25	Placa base (450x750x25)
N102, N100 y N98	4 Pernos Ø 20	Placa base (400x400x15)

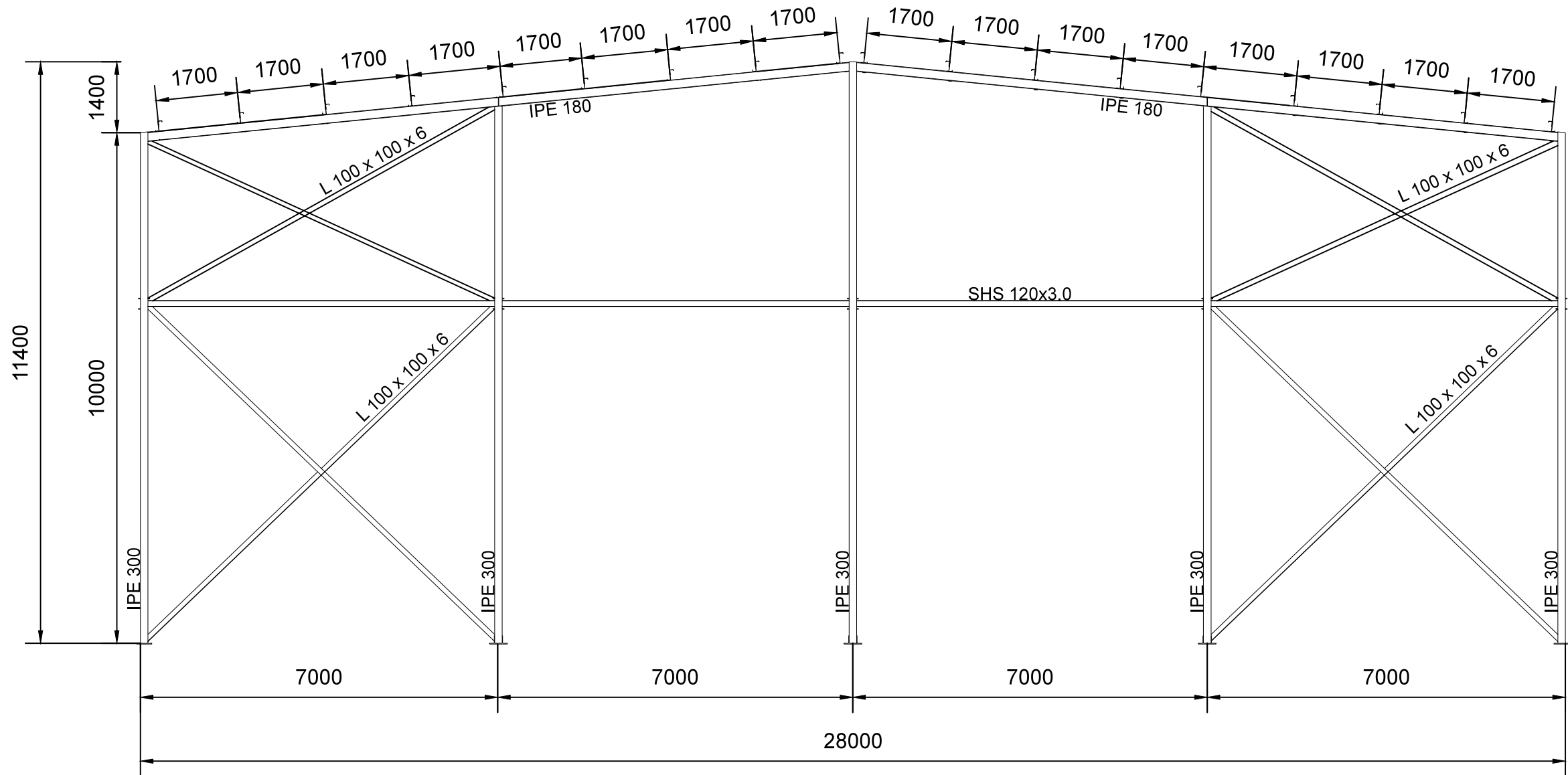




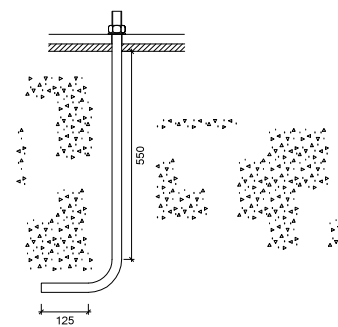
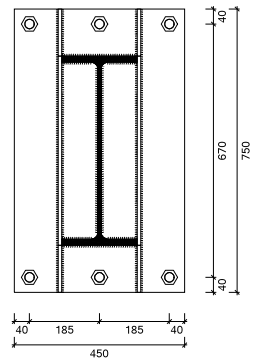
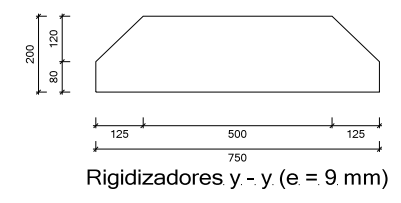
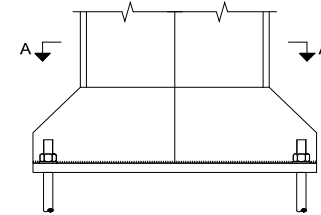
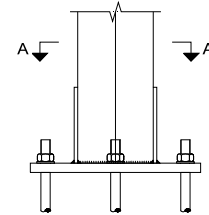
Dimensiones de la placa = 450x750x25 mm (S275)
 Pernos = 6ø25mm, B500, Ys = 1.15
 Escala 1:20

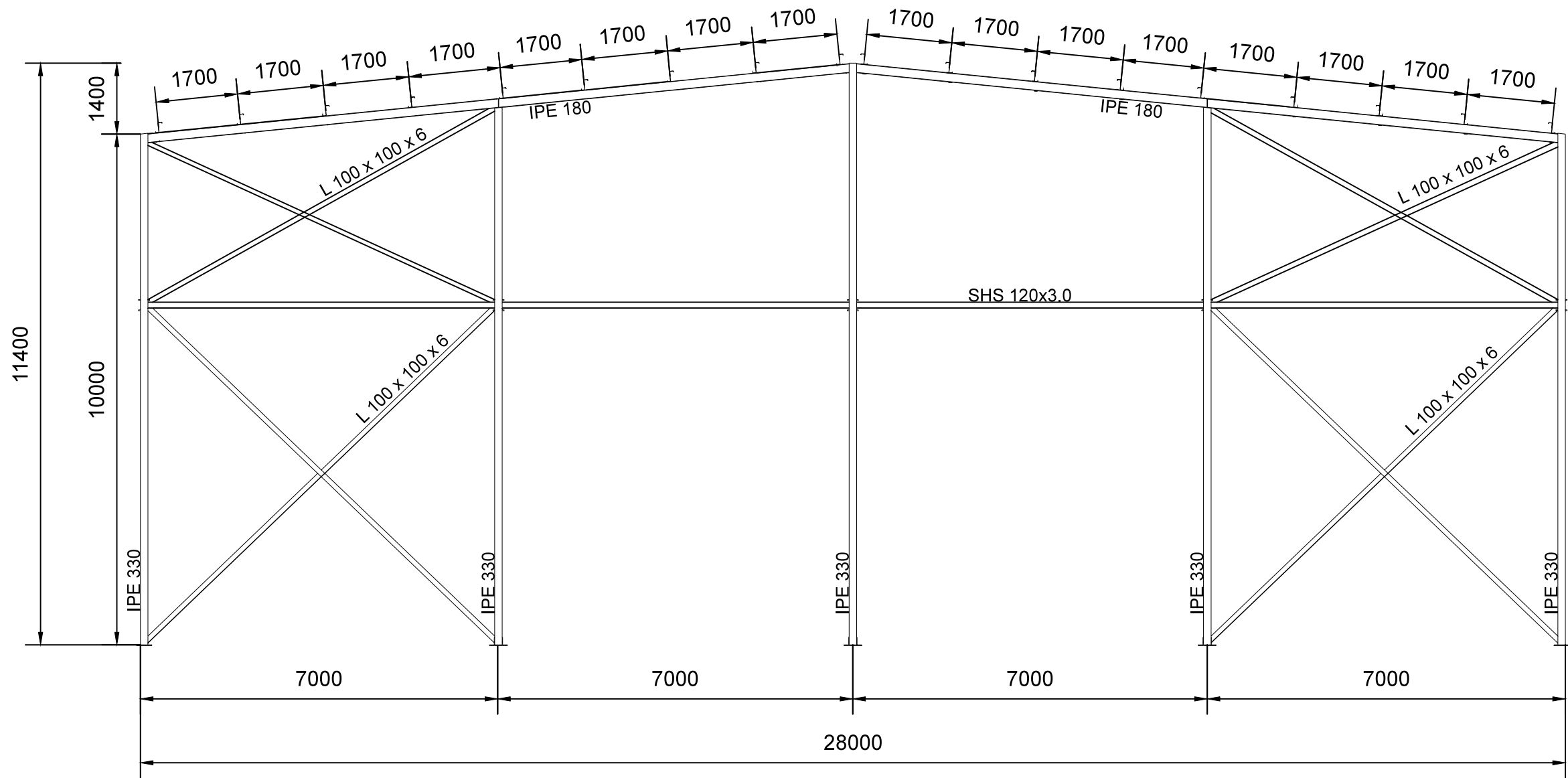


TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON ALTILLO, CON UNA SUPERFICIE DE 1960 m2, SITO EN PATERNA (VALENCIA)	Plano: Pórtico interior, agrupación 2-9	Fecha: Septiembre 2015	Nº Plano: 5
		Autor: Carles Martínez Fernández	Escala: 1:100	

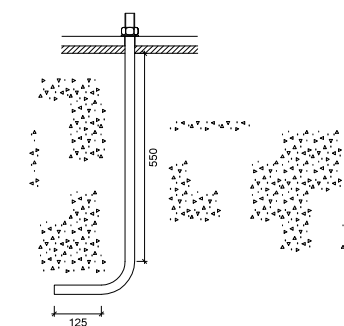
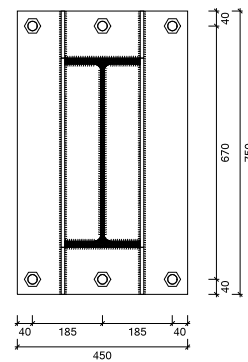
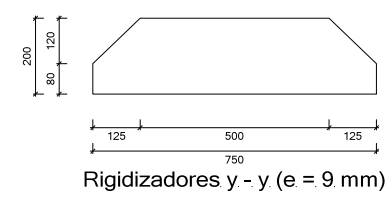
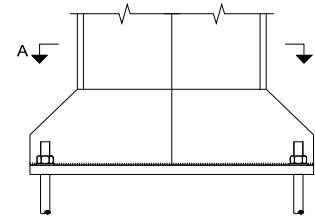
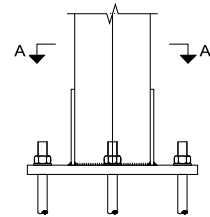


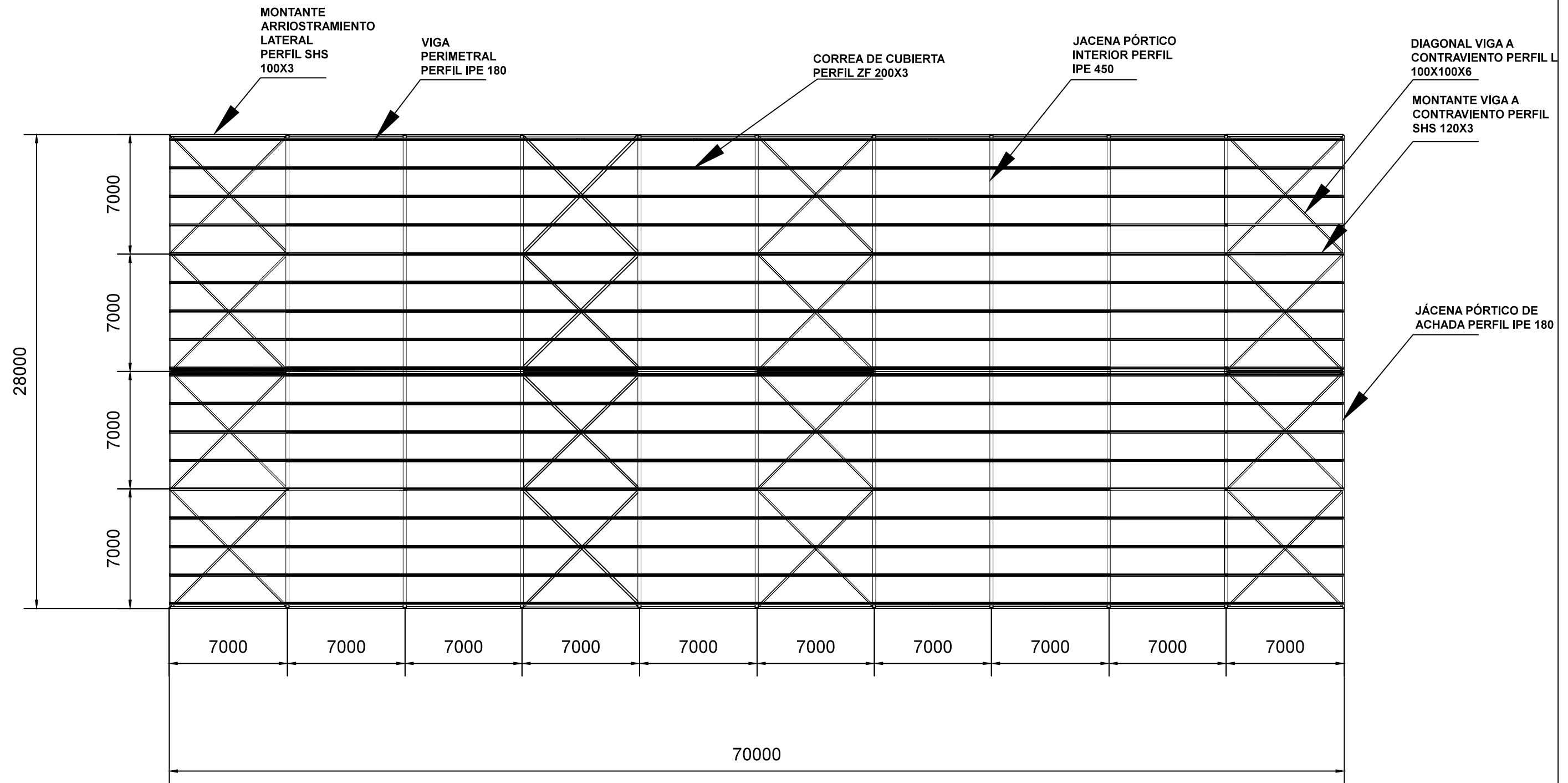
Dimensiones de la placa = 450x750x25 mm (S275)
 Pernos = 6ø25mm, B500, Ys = 1.5
 Escala 1:20

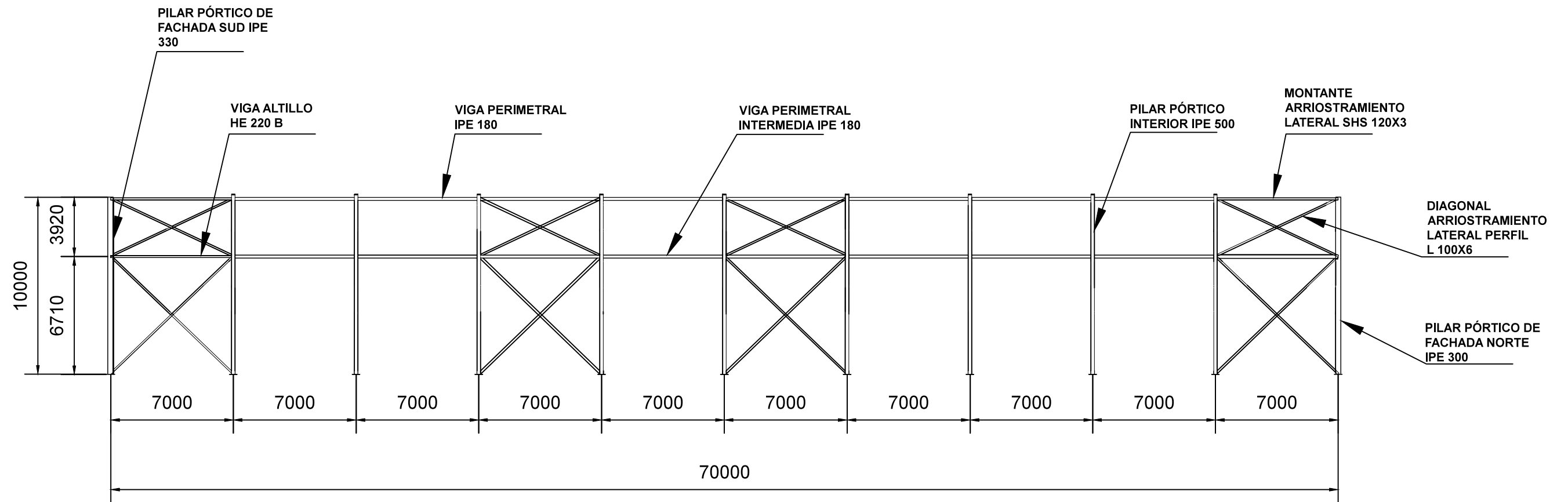


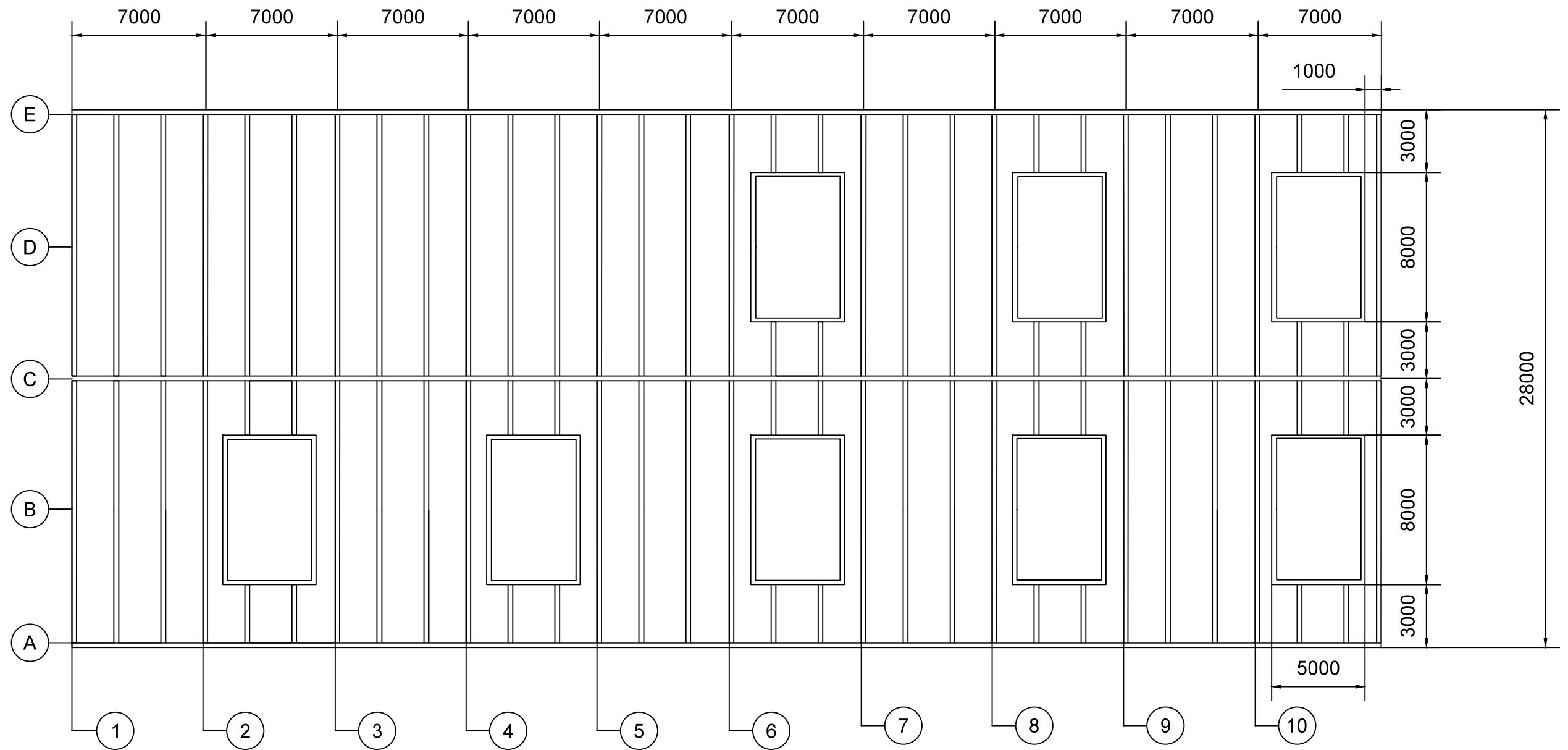


Dimensiones de la placa = 450x750x25 mm (S275)
 Pernos = 6 ϕ 25mm, B500, Ys = 1.5
 Escala 1:20

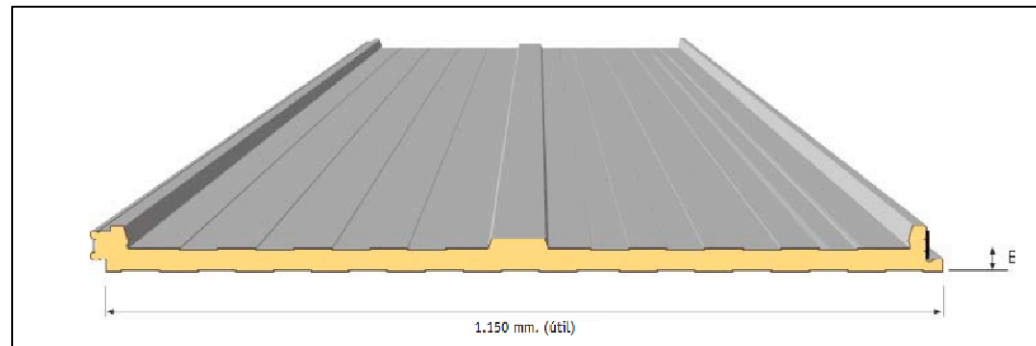




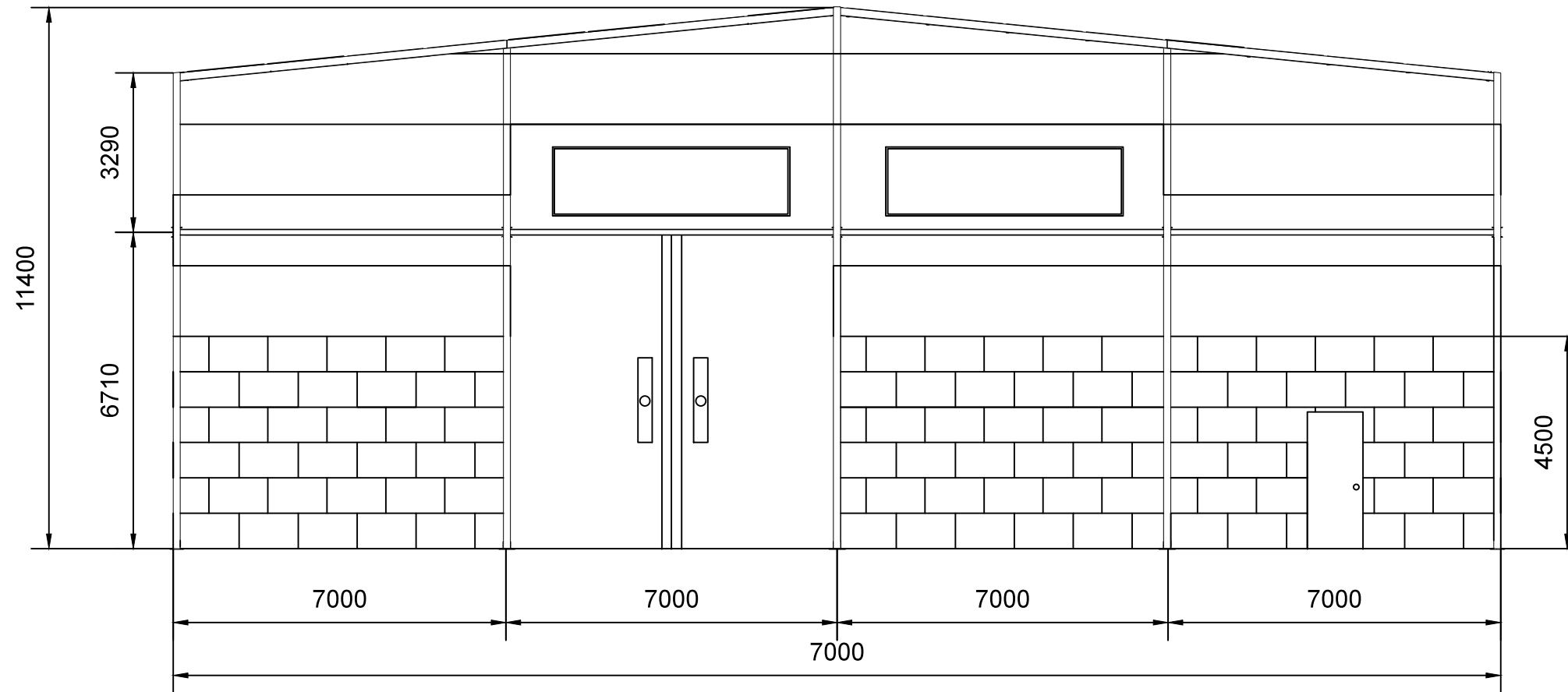




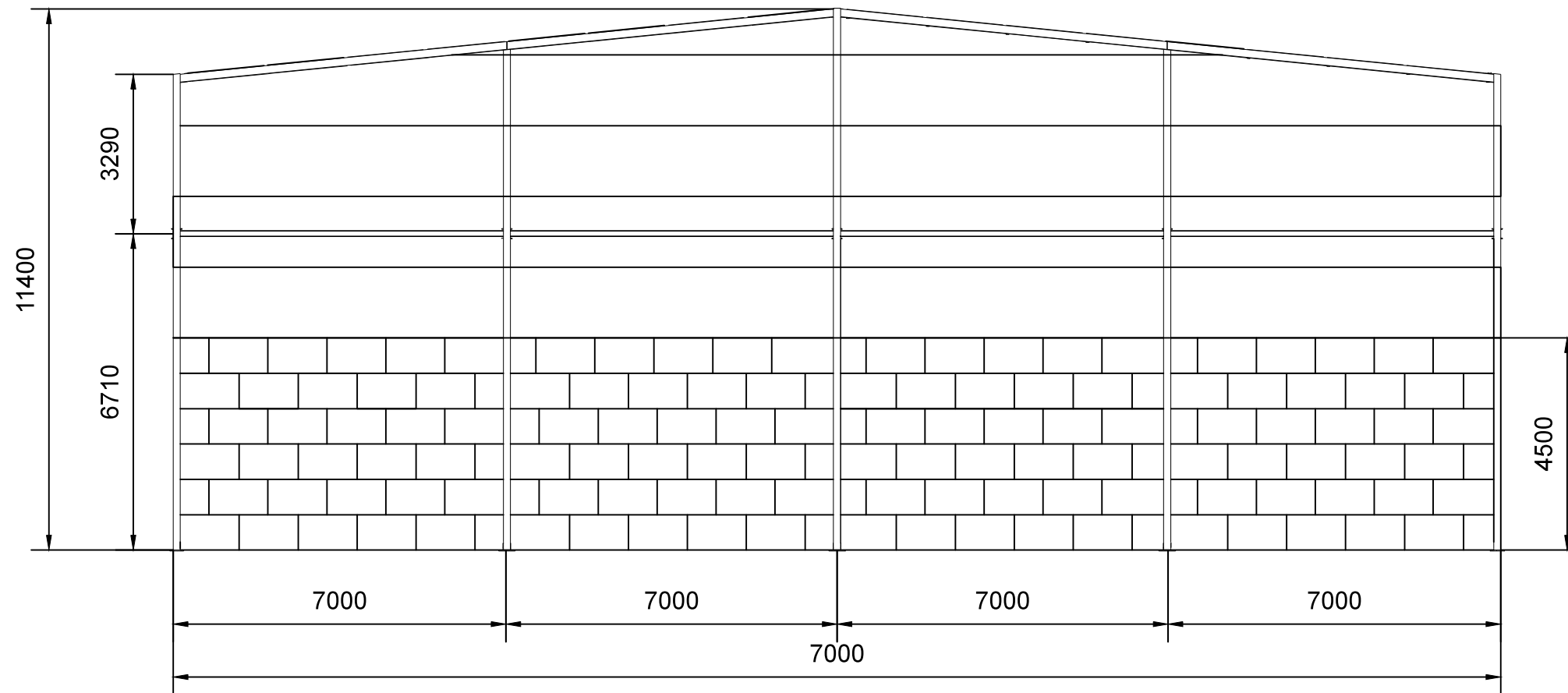
PANEL SANDWICH



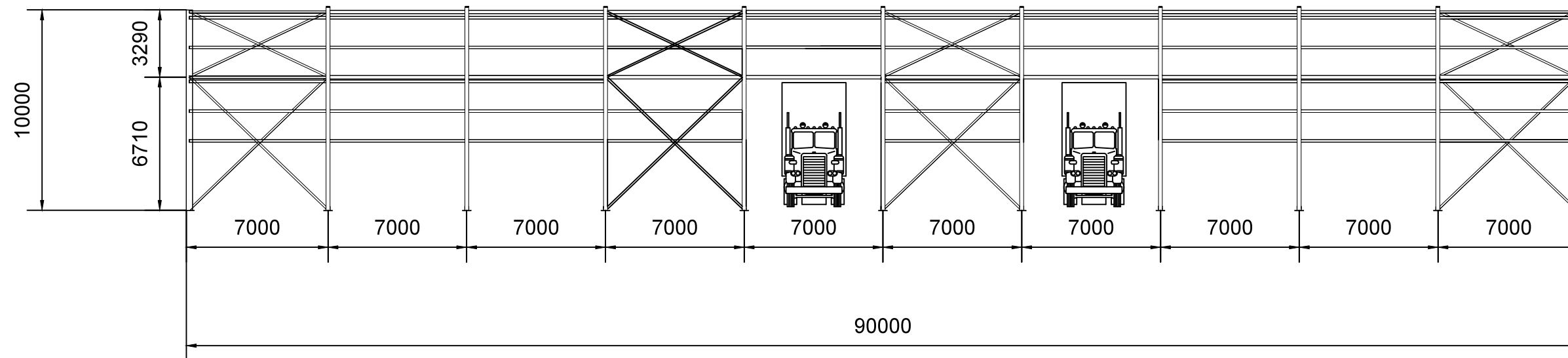
FACHADA SUR



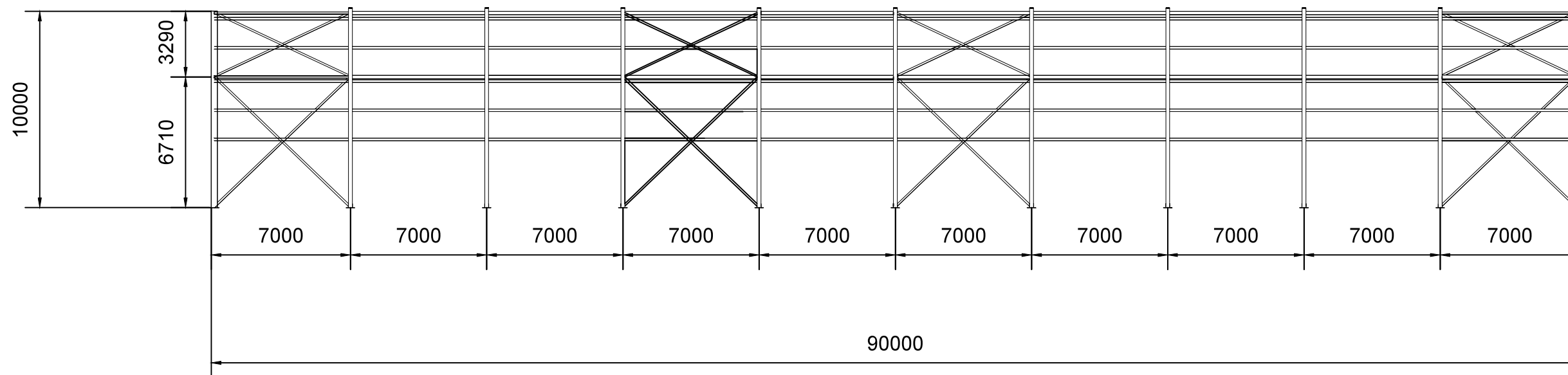
FACHADA NORTE



FACHADA ESTE

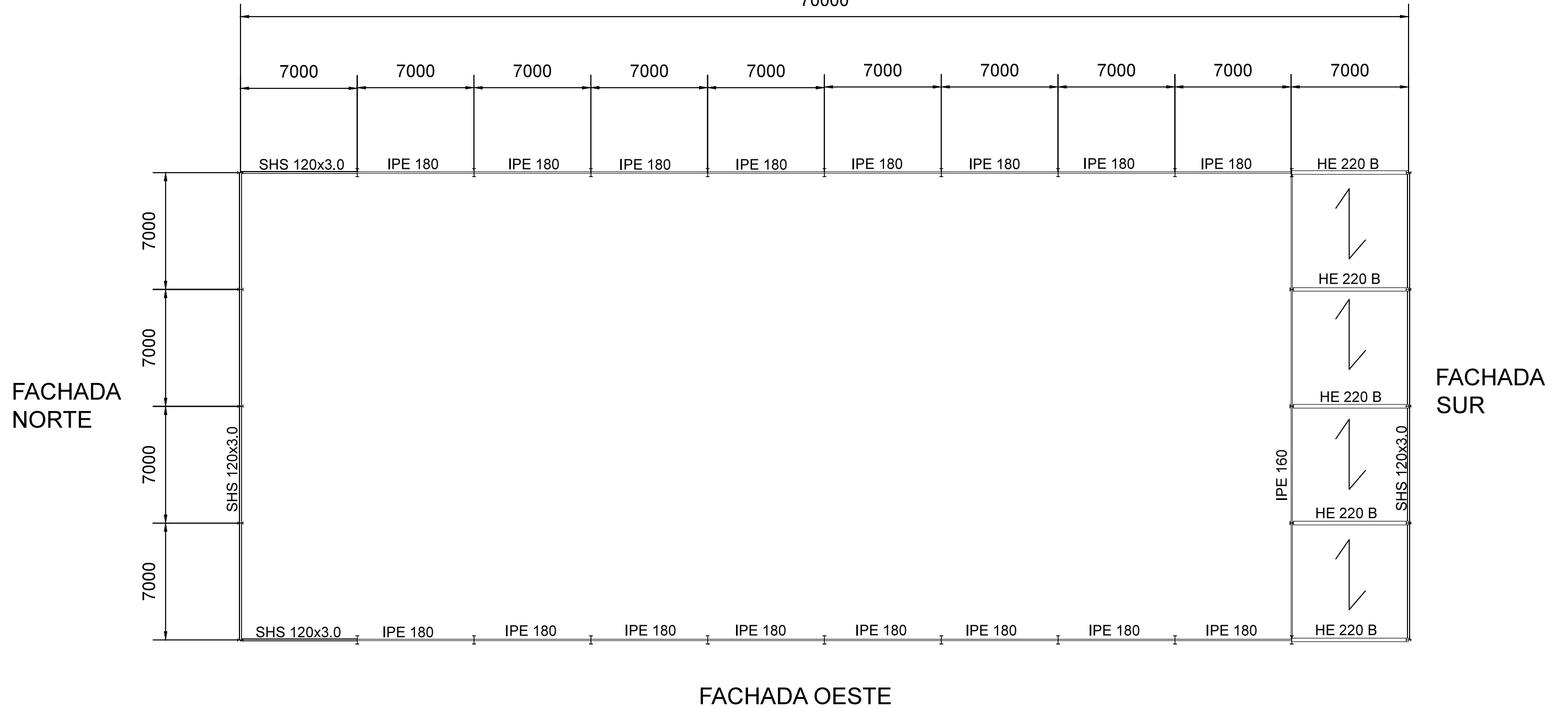


FACHADA OESTE



FACHADA ESTE

70000



FACHADA OESTE