



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

ÍNDICE:

DOCUMENTO 1. MEMORIA

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1	OBJETO DEL TRABAJO.....	3
2	INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA.....	3
2.1	Antecedentes	3
2.2	Motivación.....	3
3	NORMATIVA APLICADA	4
4	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	6
4.1	Localización y características de la parcela.	6
4.2	Aspectos urbanísticos.....	7
5	REQUERIMIENTOS ESPACIALES	8
5.1	Características generales.....	8
5.2	Distribución en planta.	10
6	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	11
6.1	Actuaciones previas.....	11
6.2	Cimentación	11
6.3	Estructura	16
6.4	Cerramientos.....	27
6.5	Saneamiento	30
6.6	Pavimentos y acabados	31
6.7	Materiales	32
6.8	Instalaciones.....	36
7	PRESUPUESTO.....	40

2. ANEXO I: INSTALACIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.

1	CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.....	3
1.1	Caracterización de los establecimientos industriales según su configuración y ubicación con relación a su entorno	3
1.2	Caracterización del establecimiento según su nivel de riesgo intrínseco.....	3
2	REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO.	8
2.1	Sectorización de los establecimientos industriales.....	8
2.2	Materiales	9
2.3	Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes	12
2.4	Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento (delimitador)	13
2.5	Evacuación de la nave industrial	13
2.6	Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión en los edificios industriales.	17
2.7	Almacenamiento	17
2.8	Instalaciones técnicas de servicios de los establecimientos industriales	18
3	REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.	19
3.1	General.....	19
3.2	Sistemas automáticos de detección de incendio.	19
3.3	Sistemas manuales de alarma de incendio.	20
3.4	Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.	20
3.5	Sistemas de hidrantes exteriores.....	21
3.6	Extintores de incendio.....	22
3.7	Sistema de bocas de incendio equipadas	24
3.8	Sistemas de rociadores automáticos de agua.....	25

3. ANEXO II: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA	3
1 MODELO ESTRUCTURAL.....	3
2 MATERIALES	4
2.1 Hormigón.....	4
2.2 Acero	5
3 ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO	7
4 ESTRUCTURA METÁLICA.....	11
4.1 Correas	11
4.2 Pórtico interior	16
4.3 Pórtico de fachada	18
4.4 Viga contraviento	25
4.5 Arriostramiento de fachada lateral	28
4.6 Viga perimetral.....	34
4.7 Placas de anclaje	35
5 CIMENTACIONES	36
6 SEGUIMIENTO CYPE	38

DOCUMENTO 2. PLANOS

1	LOCALIZACIÓN	1
2	SITUACIÓN POLÍGONO.....	2
3	EMPLAZAMIENTO PARCELA.....	3
4	REPLANTEO.....	4
5	CIMENTACIÓN	
5.1	Cimentación.....	5.1
5.2	Cimentación detalles.....	5.2
6	ESTRUCTURA	
6.1	Estructura fachada frontal.....	6.1
6.2	Estructura pórtico interior.....	6.2
6.3	Estructura cubierta.....	6.3
6.4	Estructura fachadas laterales.....	6.4
7	3D	
7.1	Numeración nudos y barras.....	7.1
8	CERRAMIENTOS	
8.1	Cerramiento fachadas laterales.....	8.1
8.2	Cerramiento fachada frontal y trasera.....	8.2
8.3	Cerramiento cubierta.....	8.3
9	SECTORIZACIÓN.....	9
10	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	10



11	EVACUACIÓN.....	11
12	INSTALACIONES.....	12

DOCUMENTO 3. PRESUPUESTO

1.	PRESUPUESTO NAVE INDUSTRIAL.....	3
1.1	Precios descompuestos.....	3
1.2	Mediciones descompuestas.....	17
1.3	Resumen capítulos.....	26
1.4	Resumen de partidas.....	29
2.	PRESUPUESTO INSTALACIONES.....	30
2.1	Precios descompuestos.....	30
2.2	Resumen capítulos.....	33
2.3	Resumen de partidas.....	34



DOCUMENTO 4. BIBLIOGRAFÍA

1. CONSULTAS.....	3
-------------------	---

PROYECTO ESTRUCTURAL Y DE INSTALACIONES DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1200 m² SITUADO EN PICASSENT

DOCUMENTO 1. MEMORIA



ÍNDICE:

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

2. ANEXO I: INSTALACIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

3. ANEXO II: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA



PROYECTO ESTRUCTURAL Y DE INSTALACIONES DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1200 m² SITUADO EN PICASSENT

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1	OBJETO DEL TRABAJO	3
2	INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA.....	3
2.1	Antecedentes	3
2.2	Motivación	3
3	NORMATIVA APLICADA.....	4
4	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	6
4.1	Localización y características de la parcela.....	6
4.2	Aspectos urbanísticos.	7
5	REQUERIMIENTOS ESPACIALES.....	8
5.1	Características generales	8
5.2	Distribución en planta.....	10
6	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	11
6.1	Actuaciones previas	11
6.2	Cimentación	11
6.3	Estructura	16
6.4	Cerramientos.....	27
6.5	Saneamiento	30
6.6	Pavimentos y acabados.....	31
6.7	Materiales	32
6.8	Instalaciones	36
7	PRESUPUESTO	40

MEMORIA

1 OBJETO DEL TRABAJO

El objeto del presente trabajo es la realización del cálculo y diseño estructural de una nave industrial de 1200m², situada en una travesía de la Calle Nº6 del Polígono Industrial de Picassent (Valencia).

También se abordará el estudio de las instalaciones contra incendios que debe adoptar dicha nave, para cumplir la normativa vigente de seguridad para el almacenamiento de productos químicos, barnices y tintes en diferentes soluciones.

2 INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

Las prácticas en empresa que se ofrecían en el tercer curso del Grado en Tecnologías Industriales, fueron realizadas en las instalaciones de una empresa dedicada a la fabricación de barnices y pinturas. La empresa, debido a su crecimiento en los últimos años, planteó la posibilidad de ampliación de almacenamiento de dichos productos.

Por estas razones, en este trabajo se plantea el diseño y construcción de una nueva nave industrial, para el desarrollo de la actividad de almacenamiento pudiendo satisfacer así sus posibles necesidades futuras en cuanto a espacio.

2.2 Motivación

La causa principal por la que se realiza este trabajo, es finalizar lo exigido a nivel docente para obtener el Grado en Tecnologías Industriales, pero teniendo en cuenta la importancia del aprendizaje sobre el estudio de un proyecto estructural y sus aplicaciones en el mercado industrial.

Asimismo, se inicia el estudio en el manejo del Generador de Pórticos y Nuevo Metal 3D para el cálculo de estructuras en CYPE Ingenieros.

Estos estudios se ampliarán en la continuación del aprendizaje durante el máster, para así poder profundizar en los conceptos sobre este tema y otros relacionados con el grado.

3 NORMATIVA APLICADA

Normativa de obligado cumplimiento:

1. EHE-08 Instrucción de hormigón estructural.
Normativa aprobada en el RD 1247/2008, 18 de julio, y publicada en el BOE número 203 del día 22 de agosto del 2008.
2. RD 314/2006.
Aprobada el 17 de marzo. Normativa en uso.
3. CTE DB SE-AE
Código Técnico de la edificación. Documento básico. Seguridad estructural. Acciones en la edificación.
Aprobado por el RD 314/2006 y entrada en vigor el 29 de marzo del 2006.
Utilizada en toda la nave, incluyendo las instalaciones de seguridad contra incendios.

CTE DB SE-A

Código Técnico de la edificación. Documento básico. Seguridad estructural. Acero.

Destinada a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación. Aspectos propios de los elementos estructurales de acero.

Texto modificado por el RD 1371/2007, 19 de octubre (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008).

4. Eurocódigo 3 EN 1993-1-3 (AENOR)
Eurocódigo estructural, proyecto de estructuras de acero: reglas generales. Reglas adicionales para perfiles y chapas de paredes delgadas conformadas en frío (vigente desde el 20/06/2012, equivalente al aprobado en 2006).

Eurocódigo 3 EN 1993-1-5 (AENOR)

Eurocódigo estructural, proyecto de estructuras de acero: placas planas cargadas en su plano (vigente desde el 2011, idéntico al aprobado en 2006).

Eurocódigo 3 EN 1992-1-2

Aplicable en los casos donde el reglamento exija a la estructura metálica una resistencia al fuego (capacidad portante) superior a la que la propia estructura posee.

Eurocódigo 2 parte 1-2

Aplicable en los casos de estudio de resistencia al fuego de estructuras de hormigón.

5. Normas Regulatoras del Plan Parcial de Ordenación Territorial del Polígono Industrial de Picassent para el cumplimiento de las condiciones urbanísticas.
6. Acuerdo Europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera.
Aplicado a las condiciones constructivas, pruebas y máximas capacidades unitarias que deben cumplir los recipientes móviles.
7. RD 2267/2004
Guía técnica de aplicación: reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, aprobada el 3 de diciembre.
Este RD hace referencia a otras normas como:
 - ITC MIE-APQ1 (Instrucción Técnica Complementaria sobre Almacenamiento de Líquidos Inflamables y Combustibles)
 - Norma UNE 51.024, para determinar el punto de inflamación para los productos químicos clasificados como Clase B.
 - RD 312/2005, 18 de mayo.
Incorpora la nueva clasificación europea (euroclases), de acuerdo con la Norma de clasificación UNE-EN 13501-1.
 - UNE-EN 13501-1, para determinar la clase que deben alcanzar los productos de construcción respecto a las exigencias de comportamiento al fuego, en el caso concreto de materiales para los que existan norma armonizada y ya esté en vigor el mercado CE.
 - CE, clasificación europea o euroclase para productos o materiales que estén afectados por el requisito esencial de seguridad en caso de incendio.
 - UNE-EN 179:2003 VC1 y UNE-EN 1125:2003 VC1, aplicable en puertas situadas en recorridos de evacuación.
 - UNE 23034:1998, UNE 23035:2003 y UNE 23033-1 , aplicable en la señalización e iluminación de los medios de evacuación para la seguridad en caso de incendio.
 - UNE 23 585, aplicable en diseño y ejecución de los sistemas de control y evacuación de humos y calor.
 - CTE DB SI - Seguridad contra incendios
 - CTE DB SU - Seguridad de utilización

4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

4.1 Localización y características de la parcela.

La nave industrial que se estudia en el trabajo, ocupa la parcela Nº15 de la Calle Nº 6, del Polígono Industrial de Picassent (Valencia), con una superficie de 2040m².

La localización exacta de la parcela está descrita en los planos 1, 2 y 3 que se encuentra en el documento "Planos" de este trabajo y tiene un fácil acceso desde la autovía A7.

El frente de fachada de esta parcela rectangular es de 30 m y recae a la vía pública, los otros tres lados de la parcela lindan por el Norte con una industria de fabricación de sillones y sillas, por el Sur con la de "Tapizados Espol" y por el Este con otra del grupo "Bensa".



Imagen 4.1 y 4.2. Izq. Imagen real parcela. Der. Emplazamiento de la parcela (plano 3).

La parcela está clasificada en el Planeamiento Municipal como suelo urbano, dotada de todos los servicios exigibles, pavimento en calzada con aceras, abastecimiento de agua potable, alcantarillado, suministro de electricidad y alumbrado público.

Por su situación topográfica no se consideran en este trabajo riesgos por inundación ni corrimientos de tierras. Siendo la altitud de la parcela del polígono industrial sobre el nivel del mar, de unos 50 m.

En la actualidad la mencionada parcela está clasificada como suelo sin edificar, proyectándose ahora la ejecución de un nuevo edificio, nave industrial, destinado a almacenamiento en recipientes móviles (almacén industrial interior, almacén de producto terminado) de productos químicos.

Parte de la parcela no edificada se destina a aparcamiento de vehículos de trabajadores, utilizando también dicho espacio libre para entrada y salida de camiones a la nave.

La parcela tiene una única entrada destinada al acceso de vehículos y peatones.

4.2 Aspectos urbanísticos.

El edificio industrial se desarrolla en planta sobre rasante y tiene una superficie de 1200m² de forma rectangular, diáfana, con una única zona interior dedicada al almacenamiento citado.

Para la realización del presente trabajo se ha tenido en cuenta las normas Reguladoras del Plan Parcial de Ordenación Territorial del Polígono Industrial de Picassent, cumpliendo las condiciones urbanísticas de dichas normas.

Retranqueos mínimos :

- La fachada principal de la edificación estará separada 10 m como mínimo desde la alineación de la calle.
- Las fachadas laterales tendrán una distancia de edificación de 3 m con respecto a las parcelas colindantes.
- El límite trasero de la parcela tiene un retranqueo de 3 m.

5 REQUERIMIENTOS ESPACIALES

5.1 Características generales

La parcela donde se ubica la nave a dimensionar tiene una superficie de 2040 m², siendo edificable el 60 % de ella.

La parte no edificable está destinada a aparcamientos, cuatro de ellos de dimensiones 5 x 2,2 m y otro de discapacitados, de dimensiones 5 x 3,5 m y acceso para camiones al edificio.

Cuadro comparativo de los valores señalados en las ordenanzas vigentes y las del trabajo:

	Según ordenanza Municipal	TFG
Superficie de parcela (m²)	≥1000	2040
Índice de ocupación	60%	59%
Volumen máximo de edificabilidad	8m ³ /m ²	5,05m ³ /m ²
Retranqueos:		
A vial	≥10	15
Linde lateral	≥3	3
Linde trasero	≥3	3
Superficie de la nave industrial :		1200 m ²

Tabla 5.1. Resumen valores Ordenanza y TFG.

La nave industrial con una superficie construida de 1200 m² cumple los retranqueos exigidos por la Norma (el retranqueo de la fachada principal tiene una longitud de 15m), cumpliendo también el índice de ocupabilidad.

Se trata de una nave cuya tipología estructural es a base de pórticos rígidos a dos aguas (con una pendiente de cubierta del 10%) cuya estructura es metálica formada por viga perimetral , correas, cruces de San Andrés y viga contraviento, tiene una altura de pilar de 8 m y de cumbra de 9,2 m.

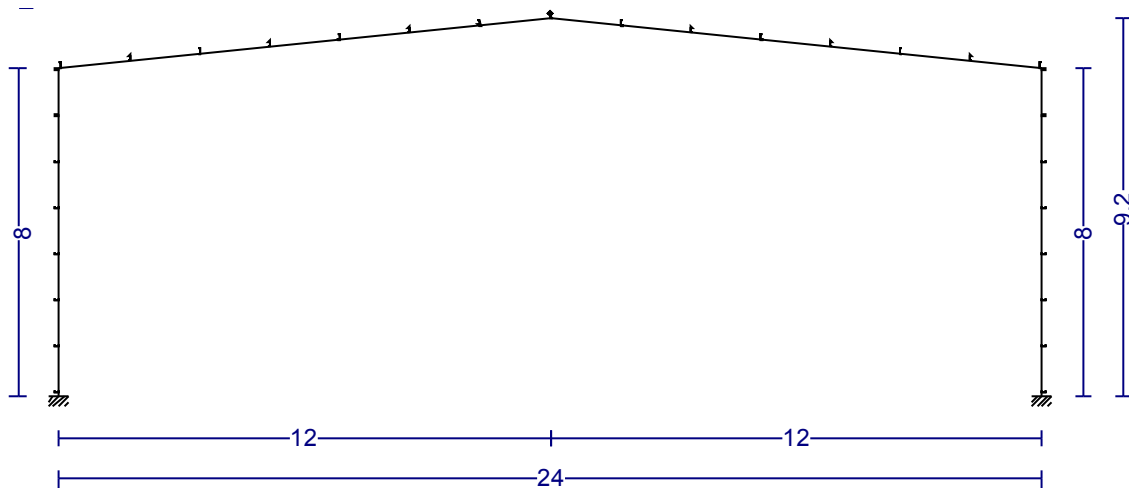


Figura 5.1. Medidas pórtico interior a dos aguas.

La fachada frontal con una luz de 24 m y una separación entre pilares de 6 m tiene dos salidas al exterior, una definida como puerta de garaje y otra para acceso peatonal y dos ventanas de dimensiones 1,5 x 1 m. En la fachada trasera no existen huecos para ventanas ni salidas al exterior, solo se tiene cerramiento, con la misma dimensión y separación entre pilares.

Cada fachada lateral tiene una longitud de 50 m con una separación entre pórticos de 5 m. Posee también 8 ventanas de dimensiones 1,5 x 1m situadas según plano 8.1. En cada una de estas fachadas laterales existe una puerta de emergencia, necesaria como salida alternativa del sector de incendio (nave industrial), por ser utilizada dicha nave como almacenamiento de productos químicos.

La cubierta también metálica tiene una inclinación del 10% y está provista de 12 lucernarios con una dimensión de 10 x 2 m y 5 ventiladores de dimensiones 0,5 x 2,80 m (plano 8.3).

Cuadro resumen de características de los elementos de la nave:

Características y dimensiones de la nave	
Pendiente	10%
Altura de pilar	8 m
Altura de cumbrera	9,2 m
Luz	24 m
Crujía	6 m
Número de pórticos	11
Profundidad de la nave	50 m
Separación de pórticos	5m
Número de ventanas	18
Dimensión ventanas	1,5 x 1 m
Número de puertas	3+1
Dimensión puertas	1,1x2m; 4,8x4,4 m
Número de lucernarios	12
Dimensión lucernarios	10 x 2 m
Dimensión ventilador	0,5 x 2,8

Tabla 5.2. Datos espaciales del edificio industrial.

5.2 Distribución en planta.

El edificio industrial se distribuye por zonas de almacenaje en función de los productos a almacenar.

Existen cinco zonas diferentes, una para cada uno de los productos, donde se ha estudiado el nivel de riesgo intrínseco para cada una, (teniendo en cuenta los pasillos necesarios entorno a ellas, por obligado cumplimiento de la normativa contra incendios, RD 2267/2004, ITC MIE APQ 1) como se indica en el plano 9 y en el anexo de seguridad contra incendios.

Clasificación de los productos para almacenamiento:

- Barnices de poliuretano (A)
- Barnices de poliéster (B)
- Barnices al agua (C)
- Tintes al agua (D)
- Tintes al disolvente (E)

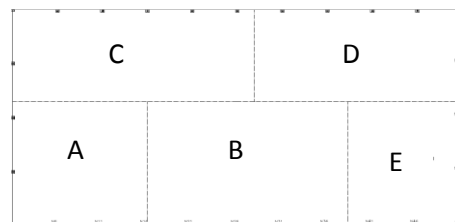


Figura 5.2. Distribución en planta del almacén

6 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.1 Actuaciones previas

Tras el estudio del emplazamiento, caracterización y mediciones de la parcela se procede a acondicionar y limpiar el terreno de la misma.

La primera acción es el movimiento de tierras mediante desbroce y limpieza del terreno, realizada hasta una profundidad de 40 cm con medios mecánicos, retirando de las zonas previstas para la edificación (incluyendo zona de aparcamiento y accesos) pequeñas plantas, basuras o cualquier otro material que impidan la buena nivelación de la parcela. Para ello se ha empleado una pala cargadora sobre neumáticos de 120 KW/1,9 m³. También se procede a la retirada de material excavado a vertedero autorizado.

Tras este paso se elimina mediante excavación a cielo abierto la capa de terreno necesaria para el buen asentamiento constructivo, es decir, únicamente se excava la zona a edificar. Al igual que la anterior excavación, se procede a retirar el material a vertedero autorizado.

Finalizadas las acciones anteriores se procede a la excavación de zanjas y pozos para cimentaciones hasta alcanzar las cotas indicadas en el trabajo (incluyendo los 10 cm de espesor donde luego se vierte el hormigón de limpieza).

La excavación se realiza con retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos de 115 KW, en los lugares indicados en el trabajo estructural donde se ubican vigas de atado y zapatas respectivamente (detallado en plano cimentación 5.1).

6.2 Cimentación

Para la construcción de esta nave se realiza un estudio minucioso de la cimentación con ayuda del programa CYPE Ingenieros, tanto para las zapatas (cimentación superficial), como para las vigas de atado (arriostamiento). Las vigas de atado son los elementos que relacionan entre si las zapatas aisladas actuando todo el sistema como la base de la estructura necesaria para evitar malos asentamientos de la construcción.

La cimentación en zapatas se realiza con hormigón armado HA-30/B/20/IIa+Qa, cuyo significado es: hormigón armado, de resistencia 30 N/mm², con consistencia blanda, clase general de exposición según art 8.2 EHE-08 de IIa, y la clase específica de exposición del mismo artículo de Qa.

En esta cimentación se encuentran tres dimensiones diferentes de zapata:

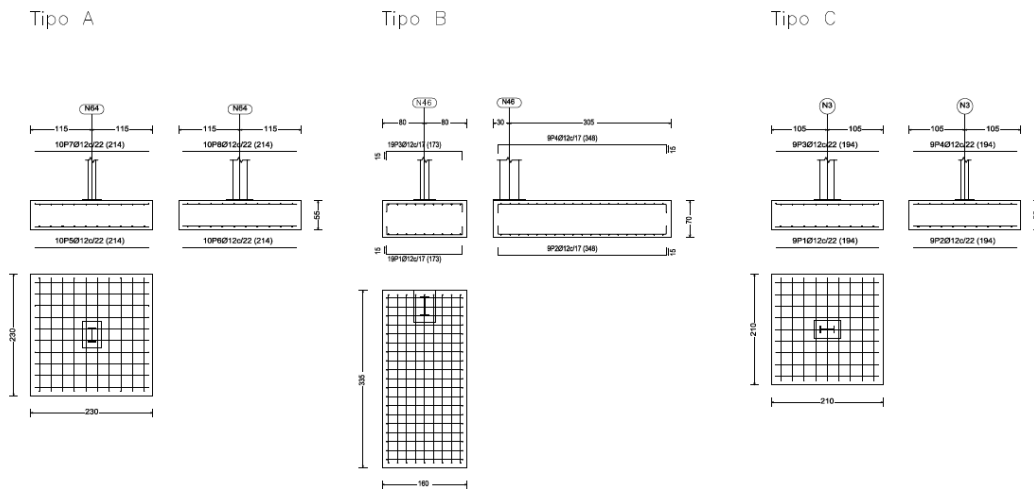


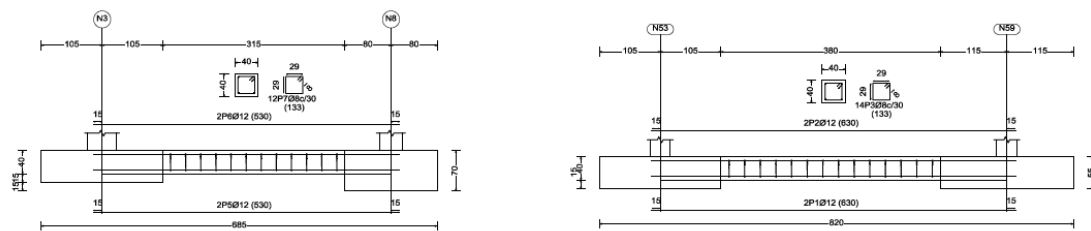
Figura 6.1. Esquema zapatas plano 5.2

Tipo A: utilizada en el pórtico frontal y en el pórtico trasero. (6 zapatas)

Tipo B: utilizada en los pórticos interiores de la nave (18 zapatas)

Tipo C: utilizada en las cuatro esquinas (4 zapatas)

Las vigas de atado de hormigón armado (HA-30/B/20/Ila+Qa) de la cimentación son de dos tipos de dimensiones:



Para unión zapatas de pórticos interiores
(8 vigas)

Para unión zapatas pórtico principal y trasero
(20 vigas)

Figura 6.2. Esquema vigas de atado plano 5.2

El armado de acero de ambos elementos de cimentación, tanto en zapatas como en vigas de atado, está formado por barras de acero corrugado B 500 SD (donde B indica el tipo de acero (que en este caso es para hormigón armado) , el numero 500 indica el valor del límite elástico nominal garantizado, expresado en MPa, y las letras SD indican la condición de soldable y las características especiales de ductilidad).

La disposición de este acero en el caso de zapatas, es en forma de malla de barras corrugadas soldadas entre sí, dispuestas en una parrilla (malla) situada en la parte superior y otra en la inferior (como se observa en el detalles extraído del plano 5.2).

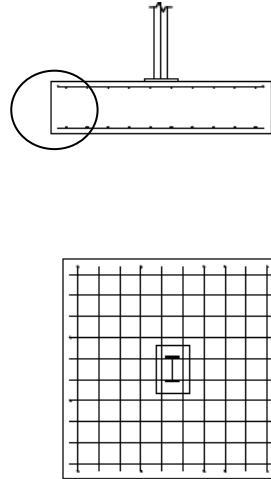


Figura 6.3. Zapata aislada.

En zapatas tipo A: cada parrilla con 10 barras longitudinales de $\varnothing 12$ L 2,14 m y 10 transversales de iguales dimensiones.

En zapatas tipo B: cada parrilla está formada por 19 barras longitudinales de $\varnothing 12$ L 1,73 m y 9 barras transversales de $\varnothing 12$ L 3,48 m.

En zapatas tipo C: ambas parrillas formadas por 9 barras longitudinales de $\varnothing 12$ L 1,94 m y 9 barras transversales de iguales dimensiones.

En las vigas de atado, el armado de acero está dispuesto como se observa en el detalle:

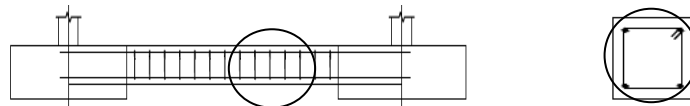


Figura 6.4. Viga de atado.

Las vigas de atado entre zapatas de pórticos interiores, tienen 12 estribos, cada uno de ellos formado con una barra de acero B 500 SD con una longitud de 1,33 m y un diámetro de 8 mm. Un armado inferior y otro superior, formado cada uno por 2 barras del mismo acero que tienen una longitud de 5,3 m y un diámetro de 12 mm, todo ello soldado entre sí.

Las vigas de atado entre zapatas del pórtico principal y trasero, tienen 14 estribos, formado cada uno de ellos por una barra de longitud 1,33 m y diámetro de 8 mm. El armado inferior y el superior, con dos barras de longitud 6,3 m y un diámetro de 12 mm. El armado de todos los elementos de estas vigas también es acero B 500 SD y al igual que las zapatas se unen por medio de soldaduras.

Todo este armado se corresponde con el ferrallado de la obra que se encuentra detallado en el presupuesto como unidad de obra U06.Ferrallado.

La medición en kg de este acero esta en los listados que el programa CYPE facilita, al introducir los datos de estructura necesarios para el estudio y diseño de la nave, introducido en el punto 6.7 Materiales, de esta memoria.

Cuadro resumen del ferrallado de las zapatas y de las vigas de atado.

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 SD, Ys=1.15 (kg)	
N46=N41=N36=N31=N26=N21 N16=N11=N6	1	Ø12	19	173	3287	29.2	
	2	Ø12	9	348	3132	27.8	
	3	Ø12	19	173	3287	29.2	
	4	Ø12	9	348	3132	27.8	
	Total+10%: (x9):						125.4 1128.6
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 [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]	5	Ø12	2	530	1060	9.4	
	6	Ø12	2	530	1060	9.4	
	7	Ø8	12	133	1596	6.3	
	Total+10%: (x20):						27.6 552.0
	C [N53-N59]=C [N59-N56] C [N56-N57]=C [N57-N51] C [N1-N62]=C [N62-N61] C [N61-N64]=C [N64-N3]	8	Ø12	2	630	1260	11.2
		9	Ø12	2	630	1260	11.2
		10	Ø8	14	133	1862	7.3
		Total+10%: (x8):						32.7 261.6
	N3=N53=N1=N51	11	Ø12	9	194	1746	15.5
12		Ø12	9	194	1746	15.5	
13		Ø12	9	194	1746	15.5	
14		Ø12	9	194	1746	15.5	
Total+10%: (x4):						68.2 272.8	
N8=N13=N23=N18=N28=N33 N38=N43=N48	15	Ø12	19	173	3287	29.2	
	16	Ø12	9	348	3132	27.8	
	17	Ø12	19	173	3287	29.2	
	18	Ø12	9	348	3132	27.8	
	Total+10%: (x9):						125.4 1128.6
N64=N61=N62=N59=N56=N57	19	Ø12	10	214	2140	19.0	
	20	Ø12	10	214	2140	19.0	
	21	Ø12	10	214	2140	19.0	
	22	Ø12	10	214	2140	19.0	
	Total+10%: (x6):						83.6 501.6
					Ø8:	202.8	
					Ø12:	3642.4	
					Total:	3845.2	

Resumen Acero Elemento y Viga	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 SD, Ys=1.15 $\varnothing 8$	468.2	203	3845
$\varnothing 12$	3729.4	3642	

Tabla 6.1 Cantidad de acero ferrallado.

Total kg de acero: 3845,2 kg

Para el nivelado de fondos de cimentación se aplica una capa de hormigón de limpieza que ayuda al asentamiento correcto de la estructura. Esta capa de hormigón es de 10 cm de espesor y se aplica tanto en las zanjas como en los pozos de la cimentación. El hormigón de limpieza es HL-150/P/20, siendo este hormigón de una dosificación mínima de 150 kg/m³, de consistencia plástica y tamaño de árido de 20 mm.

6.3 Estructura

La construcción de la nave industrial tiene una tipología estructural a base de pórticos rígidos a dos aguas, calculada con ayuda de los programas Generador de Pórticos y Nuevo Metal 3D, del paquete de cálculo de estructuras del software CYPE ingenieros.

La estructura metálica de acero está formada por los elementos constructivos siguientes (entre otros):

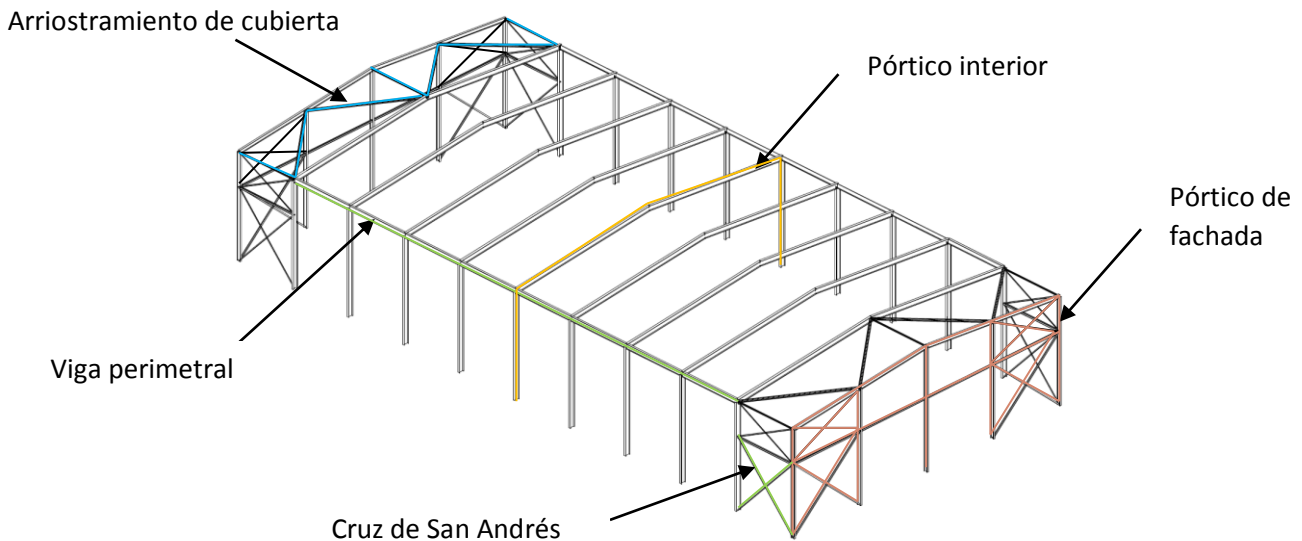


Figura 6.5. Esquema estructural del edificio industrial.

El entramado estructural de la nave está formado por barras con diferentes perfiles, constituida por 11 pórticos separados entre sí por una distancia de 5 m, 9 definidos como pórticos interiores y 2 pórticos de fachada, unidos entre sí por una viga perimetral.

La longitud total alcanzada por la estructura de la nave es de 50 m, con una luz de 24 m siendo la altura de cumbrera de 9,2 m y la de pilar de 8 m. La cruja de los pórticos interiores es de 5 m, y el espacio entre pilares del pórtico de fachada de 6 m.

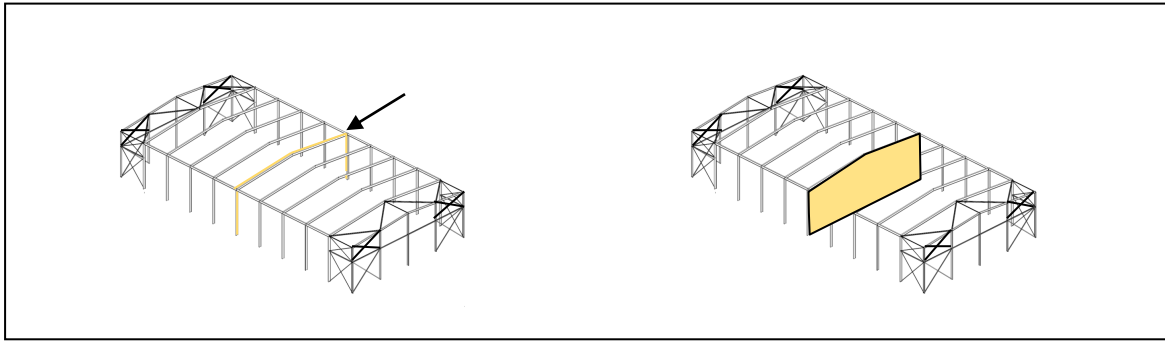
Dicha estructura, también presenta un arriostramiento en cubierta (con viga tipo Warren) y otro lateral (con cruces de San Andrés).

El peso de la estructura recae sobre la cimentación formada por zapatas y vigas de atado. La unión de la cimentación con los pilares se realiza por medio de placas de anclaje cuyas dimensiones y características se detallan a continuación al igual que el resto de elementos mencionados.

Descripción detalla de los siguientes elementos estructurales y sus componentes, obtenidos en el cálculo realizado :

- Pórtico interior
- Pórtico de fachada
- Fachada lateral
- Arriostramiento de cubierta
- Correas

En la cabecera de la descripción de cada uno de estos elementos hay un cuadro indicativo del elemento a estudiar y la zona de estudio.



Pórtico interior:

El pórtico interior es uno de los elementos estructurales de la nave, formado por 4 piezas simples de acero (S275JR) laminado en caliente de perfil IPE 360.

Características del acero							
Material		E	v	G	f _y	α·t	γ
Tipo	Designación	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(m/m°C)	(kN/m ³)
Acero laminado	S275	210000,00	0,300	81000,00	275,00	0,000012	77,01

Notación:
E: Módulo de elasticidad
v: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_y: Límite elástico
α: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

Tabla 6.2. Descripción acero S275.

La parte superior del pórtico la forman 2 barras denominadas jácenas de longitud 12,060 m y los laterales lo forman dos pilares con una longitud de 8,000 m.

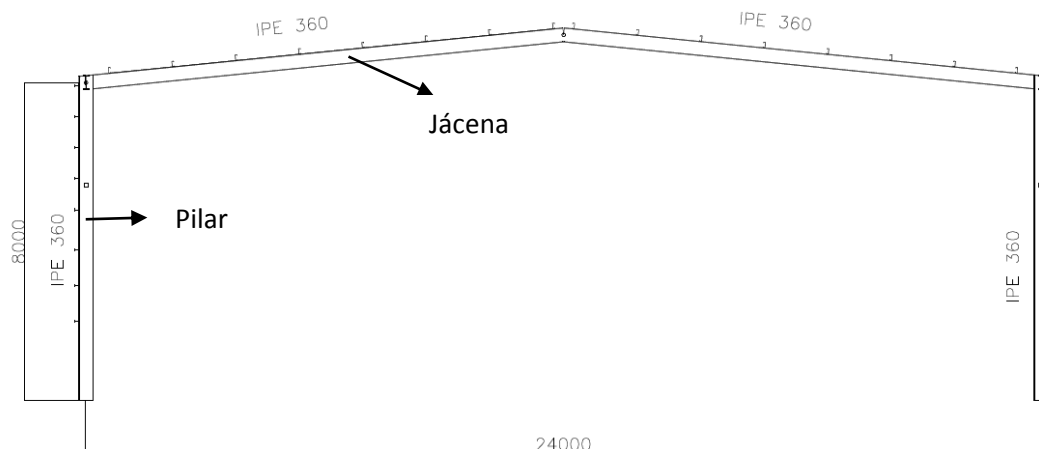


Figura 6.6. Esquema estructural del pórtico interior.

Los pilares de los pórticos interiores, están anclados a zapatas tipo B por las placas de anclaje, cuyas dimensiones son:

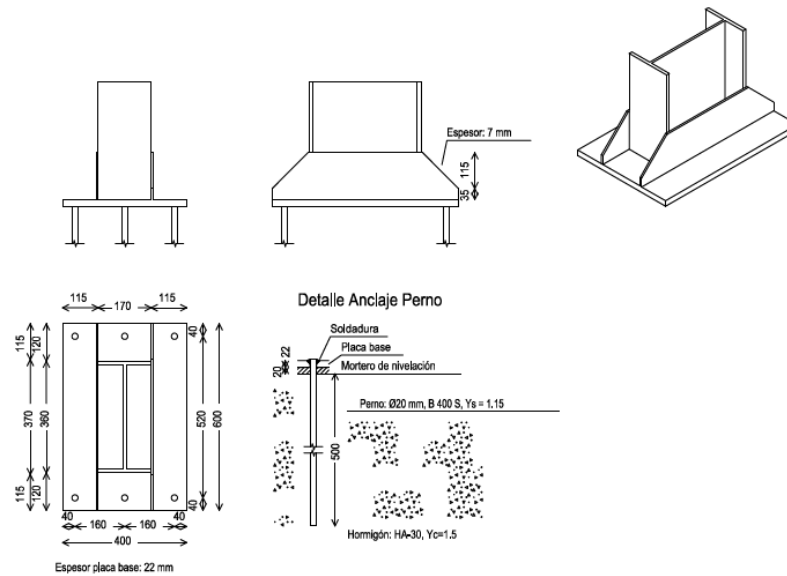


Figura 6.7. Placa anclaje, detalle plano 6.2.

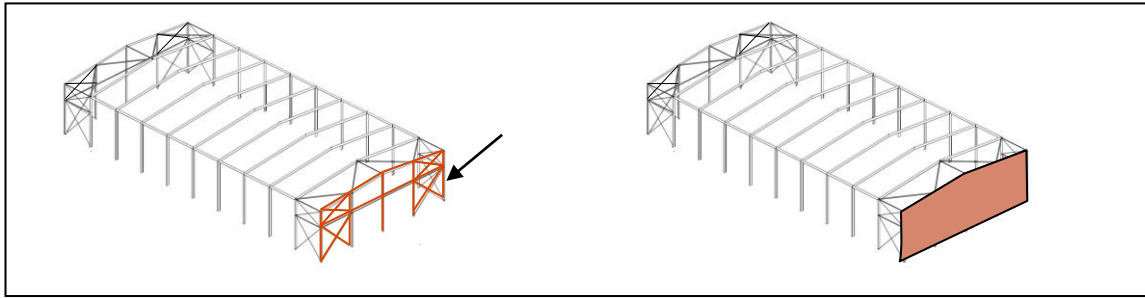
Las placas de anclaje están formadas por una base metálica de acero S275 de dimensiones 400 x 600 x 22 mm soldadas con 6 pernos de acero corrugado B 500 SD, de 20 mm de diámetro y longitud de 56 cm.

Cantidad de acero obtenida en la resolución del trabajo y necesaria para los pórticos interiores:

	Cantidad	Kg por unidad	Kg totales
Placas de anclaje	18	49,89	898,02
Pernos (6 por placa)	108	1,39	150,12
IPE 360	9 pórticos interiores	2289,61	20606,50

Tabla 6.3. Kg de acero en pórtico interior

Información extraída de los listados que CYPE facilita tras la realización del cálculo.



Pórtico de fachada:

En la nave industrial (objeto de trabajo) existen dos pórticos de fachada. Cada pórtico está formado por 5 pilares de acero S275, de perfil IPE 270, separados entre sí por una distancia de 6 m. A una altura de 5,42 m sobre rasante los pilares están unidos entre sí por montantes de acero S275, de perfil rectangular conformado tipo #120x100x4.

La parte superior del pórtico está formada por dos jácenas de perfil IPE 270 y con las mismas dimensiones que las de pórticos interiores.

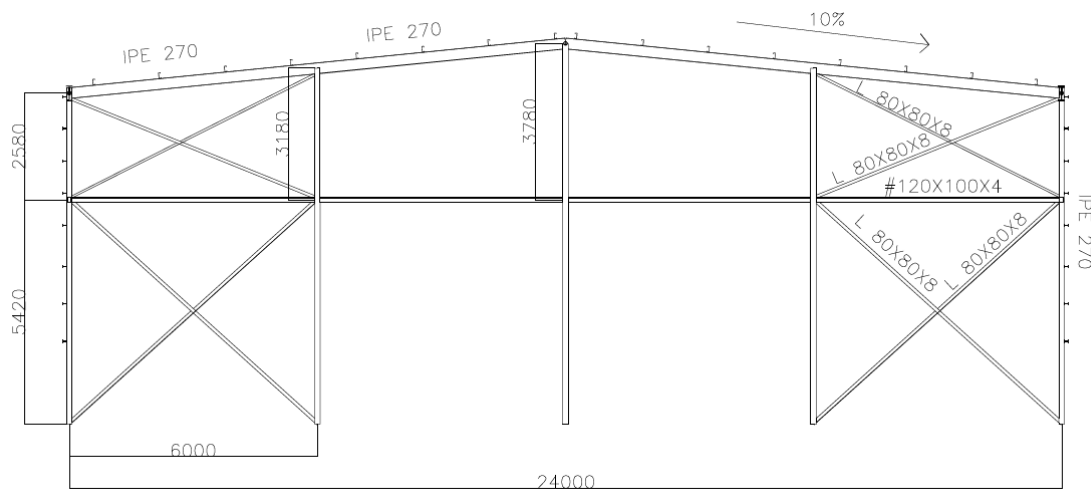


Figura 6.8. Esquema estructural del pórtico de fachada.

Para reforzar la estructura del posible esfuerzo producido por la acción del viento lateral sobre la estructura y mejorar la alineación de los pórticos se colocan cruces de San Andrés de acero S275 laminado en caliente de perfil L 80 x 80 x 8 como se observa en la imagen anterior.

Los pilares de pórticos de fachada están anclados a zapatas tipo A (zapatas de pilares interiores) y C (zapatas de pilares esquineros) por medio de las placas de anclaje, de las siguientes dimensiones:

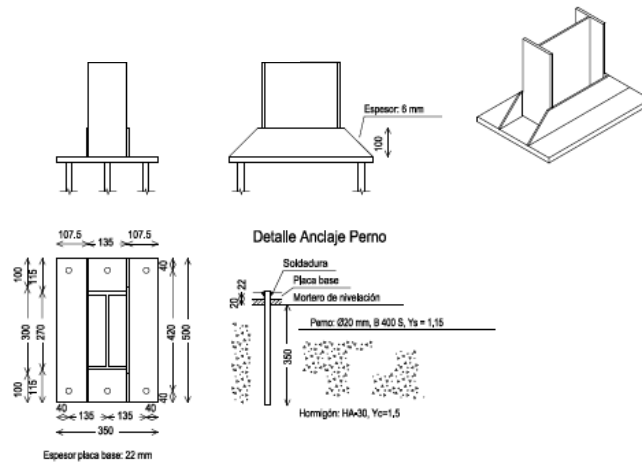


Figura 6.9. Placa anclaje detalle plano 6.1

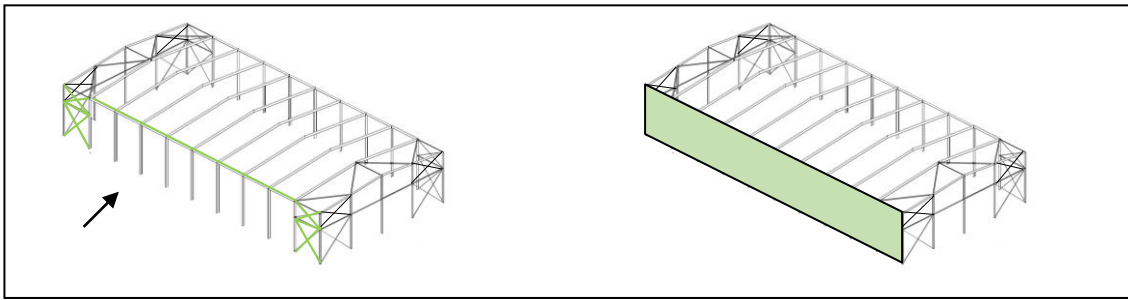
Las placas de anclaje están formadas por una base metálica de acero S275 de dimensiones 350 x 500 x 22 mm soldadas con 6 pernos de acero corrugado B 500 SD, de 20 mm de diámetro y longitud de 41 cm.

Cantidad de acero obtenida en la resolución del trabajo y necesaria para los pórticos de fachada:

	Cantidad	Kg por unidad	Kg totales
Placas de anclaje (tipo A + tipo C)	10	33,99	339,9
Pernos (6 por placa)	60	0,41	24,6
IPE 270	2 (pórticos de fachada)	2396,81	4793,61
L 80 x 80 x 8	16	78,07	1249,12
# 120 x 100 x 4	8	72,94	583,52

Tabla 6.4. Kg de acero en pórtico de fachada.

Información extraída de los listados que CYPE facilita tras la realización del cálculo.



Fachada lateral:

En la estructura de la nave hay dos fachadas laterales. Cada una de ellas está formada por una viga perimetral de acero (S275) laminado en caliente con perfil IPN 160. Esta viga va desde el pórtico 2 al 10 con longitud de 40 m.

Para evitar el efecto sobre la estructura del viento frontal y trasero y mejorar la alineación de los pórticos se coloca arriostramiento lateral formado por dos cruces de San Andrés (en cada lateral) . La inferior con un perfil de L 75x75x5 y la superior L 60x60x5 ambas laminadas en caliente de acero S275. El montante superior del arriostramiento (continuación de la viga perimetral, pertenecientes a la viga tipo Warren, que se describen en el siguiente apartado) es del tipo Ø90x3 (tubo conformado) del mismo acero y el montante que está situado a una altura de 5,42 m es # 120x100x4 (rectangular conformado).

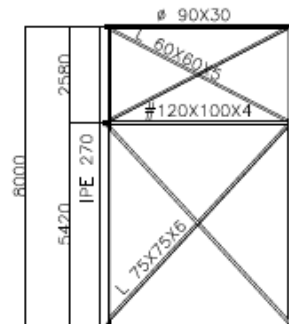


Figura 6.10. Detalle plano 6.4.

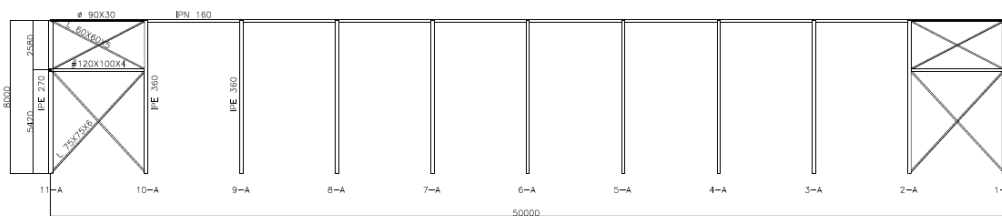


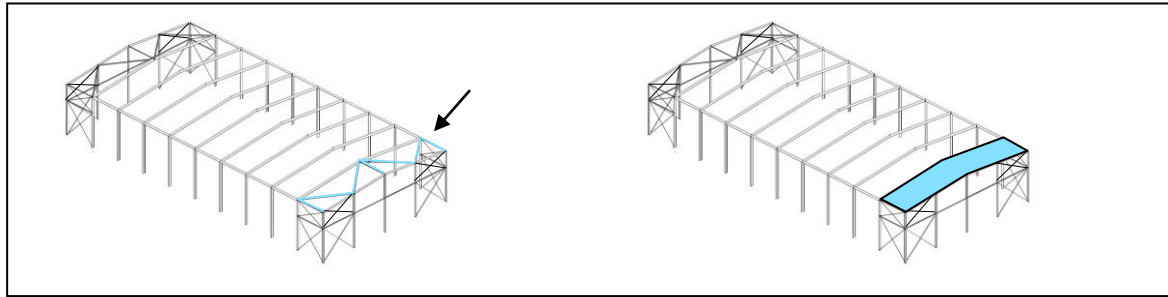
Figura 6.11. Arriostramiento lateral.

Cantidad de acero obtenida en la resolución del trabajo y necesaria para las fachadas laterales:

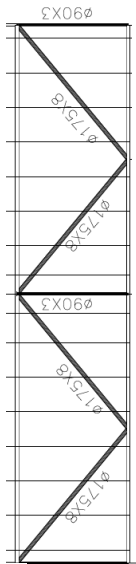
	Cantidad	Kg por unidad	Kg totales
L 60 x 60 x 5	8	25,71	205,64
# 120 x 100 x 4	4	72,94	291,76
L 75 X 75 X 5	8	50,535	404,28
IPN 160	2	715,92	1431,84

Tabla 6.5 Kg de acero en arriostramiento lateral.

Información extraída de los listados que CYPE facilita tras la realización del cálculo.



Arriostramiento de cubierta



El arriostramiento de esta parte de la estructura se caracteriza por ser una viga tipo Warren (viga contraviento) de acero laminado en caliente, tubo conformado de $\text{Ø}175 \times 8$ en las diagonales y $\text{Ø} 90 \times 3$ en montantes.

Esta viga está formada por cuatro barras que se sueldan entre sí con la disposición de la figura 6.12 y por tres montantes, también de acero S275 con un perfil de tubo conformado de $\text{Ø} 90 \times 3$.

La longitud de cada una de esas barras es de 7,83 m y la de cada uno de los montantes es igual a la separación entre pórticos (5 m).

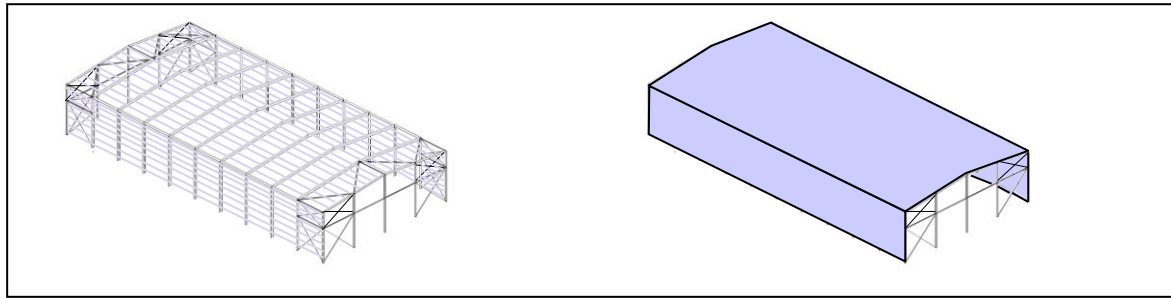
Figura 6.12. Detalle arriostramiento cubierta.

Cantidad de acero obtenida en la resolución del trabajo y necesaria para los pórticos interiores:

	Cantidad	Kg por unidad	Kg totales
$\text{Ø} 90 \times 3$	6	32,18	193,08
$\text{Ø} 175 \times 8$	8	258,1	2064,71

Tabla 6.6 Kg de acero en arriostramiento de cubierta

Información extraída de los listados que CYPE facilita tras la realización del cálculo.



Correas

Las correas se colocan tanto en la cubierta como en laterales. Las correas de cubierta se colocan en sentido longitudinal sobre las vigas de los pórticos y su función es la unión de estos, reparto de cargas y servir de soporte a los elementos de cubierta. Las laterales tienen la misma función que las de cubierta, pero en este caso sirven de soporte de paneles laterales y de apoyo para puertas y ventanas. Ambas correas tienen el tipo de fijación rígida.

En la estructura se montan 16 correas de cubierta de acero conformado S235 de perfil CF-140x3.0 con una separación entre ellas de 1,6 m siendo la longitud total cubierta por dichas correas de 50 m. Se deja un espacio de 250 mm en la parte alta de la cubierta que será donde apoye el caballete y 600 mm en la parte baja para situar el canalón. También se montan 16 correas laterales (8 en cada pilar), en este caso de acero conformado S275 de perfil IPE 100 con una separación entre ellas de 780 mm. La primera correa se sitúa a 2 m sobre rasante y las dos siguientes a 0,9 m cada una, a continuación se coloca una a 1 m (estos huecos son para colocar puerta y ventanas) cubriendo la misma longitud total y después se reparten las 4 siguientes con una separación de 780 mm.

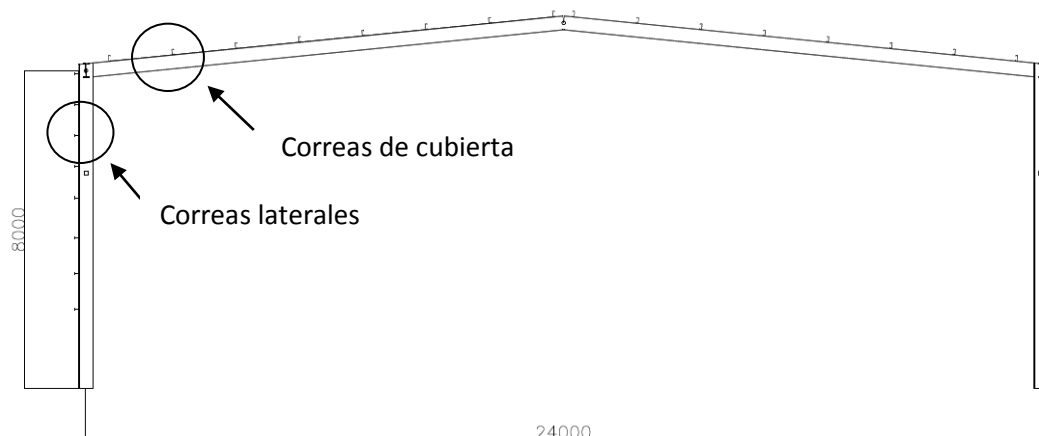


Figura 6.13. Esquema estructural del pórtico interior con correas.

Las correas tanto laterales como de cubierta forman solapes con la correa adyacente, lo que hace que trabajen como correas continuas mejorando así la resistencia a las cargas.

Cantidad de acero obtenida en la resolución del trabajo y necesario para las correas:

Medición de correas		
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m
Correas de cubierta (CF-140x3.0)	16	98.00
Correas laterales (IPE 100)	16	129.37

Tabla 6.7. Kg de acero de las correas.

Información extraída de los listados que CYPE facilita tras la realización del cálculo.

6.4 Cerramientos

El estudio de los cerramientos se divide en tres zonas:

- Cerramiento de cubierta
- Cerramientos de fachada
- Cerramientos laterales

Cerramiento de cubierta:

Para el cerramiento de la cubierta inclinada se utilizan paneles tipo sándwich (lacado + aislante + galvanizado) de 40 mm de espesor. Es un tipo de panel conformado con doble capa de acero y perfil nervado, lacado al exterior y galvanizado al interior con relleno intermedio de espuma de poliuretano de 40 kg/m³ de densidad y fijado mecánicamente a las correas estructurales. Se necesitan 1206 m² (superficie de cubierta) de paneles para cubrir todo el cerramiento de cubierta.

DETALLE PANEL TIPO SANDWICH, CHAPA PERFILADA PL 40/250

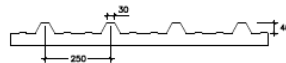


Figura 6.14. Panel cubierta, detalle plano 8.3.

También se utilizan como cerramientos para entrada de luz natural en cubierta, 12 lucernarios de placas alveolares de policarbonato celular incoloro de dimensiones 10 x 2 m distribuidos a lo largo de toda la cubierta (según plano 8.3).

Otro elemento instalado en el cerramiento de cubierta es el ventilador estático de chapa de acero, de 0,5 x 2,8 m, para ventilación natural. Hay 5 distribuidos a lo largo de la línea central de cubierta.

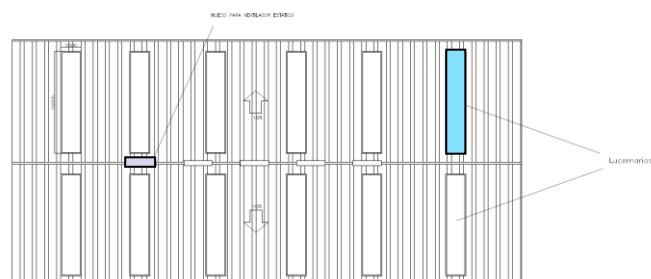


Figura 6.15. Cubierta del edificio industrial, detalle plano 8.3

Cerramiento de fachada

El cerramiento en la fachada frontal y trasera es a base de paneles tipo sándwich en la parte superior; aislante para fachadas de 40 mm de espesor, formado por dos chapas nervadas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor cada una y una capa central para aislamiento térmico de poliuretano de densidad media 40 kg/m³. La cantidad necesaria para cubrir estas dos fachadas asciende a un total de 44 paneles, de medidas 1,1 x 9,2 m (medidas establecidas por el generador de precios) que suman un total de 445,28 m² de panel.

En la parte inferior (hasta una altura de 3 m) de las fachadas se colocan paneles verticales de hormigón, cuyas características se explican con más detalle en el cerramiento lateral.

En la fachada frontal los accesos a la nave se instalan con cerramientos de carpintería metálica. Una puerta de garaje y una de acceso peatonal, distribuidas según plano 8.2. La puerta de garaje es enrollable de lamas de acero galvanizado (panel ciego, acabado sendzimir), con apertura automática y tiene unas dimensiones de 4,40 x 4,80 m. El acceso peatonal instalado es una puerta de una sola hoja de acero galvanizado homologada, EI2 60-C5, de luz y altura de paso 1,1 x 2 m, con cierrapuertas para uso moderado, barra antipático, llave y manivela antienganche para la cara exterior y electroimán (por normativa contra incendios RD 2267/2004 e ITC MIE APQ1). También se instalan 2 ventanas de dimensiones 1,5 x 1m. En la fachada trasera no hay salidas.

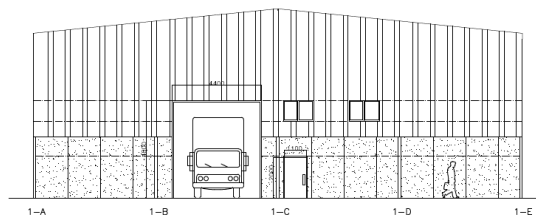


Figura 6.16. Fachada principal detalle plano 8.2

Cerramiento lateral

El cerramiento lateral se realiza en las dos fachadas con los mismos elementos y disposición similar en cuanto a salidas. Con un solo acceso peatonal en cada una de las fachadas (salida de emergencia) de las mismas características que las puertas del cerramiento de fachada y un número total de 16 ventanas de dimensiones 1,5 x 1 m.

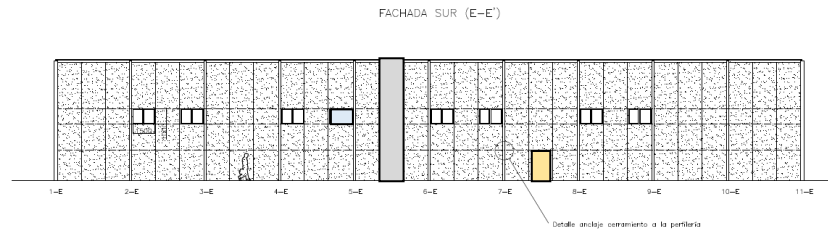


Figura 6.17. Fachada lateral, detalle plano 8.1

El elemento general de cerramiento de estas fachadas, está formado por placas alveolares de hormigón pretensado de 16 cm de espesor, de 1,6 m de anchura y 8 m de longitud, acabado en hormigón gris y preparado para montaje vertical para mejor funcionalidad, por el tipo de diseño de la nave. El cálculo de m² necesarios para cubrir ambas fachadas con este hormigón prefabricado, da un total de 944 m² lo que se corresponde con 63 paneles de las anteriores medidas para los laterales y 30 más para la fachada frontal y trasera. Un total de 93 paneles.

La forma de sujeción de las placas alveolares de hormigón del cerramiento a la perflería es mediante un angular de sujeción como se detalla en la figura. Los paneles (placas alveolares) van dispuestos en posición vertical (3 paneles cada 6 metros) y sujetos directamente al pilar de los pórticos.

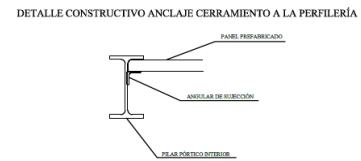
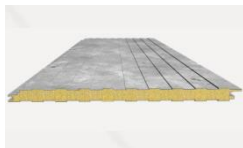


Figura 6.18. Detalle anclaje

Las ventanas, definidas en la partida de carpintería metálica en el documento presupuesto, son practicables y de dimensiones 1,5 x 1 m, carpintería de acero galvanizado, perflería con premarco y existen un total de 18 ventanas distribuidas según plano 8.1 y 8.2



Panel tipo sándwich fachadas



Panel tipo sándwich cubierta



Panel de hormigón alveolar

6.5 Saneamiento

Para la recogida de aguas pluviales se monta un canalón cuadrado de PVC de 110 x 100 mm formado por piezas preformadas, dispuesto en la cubierta, recorriendo la longitud total de la nave, sumando así un total necesario de 100 m entre los dos canalones montados en la nave.

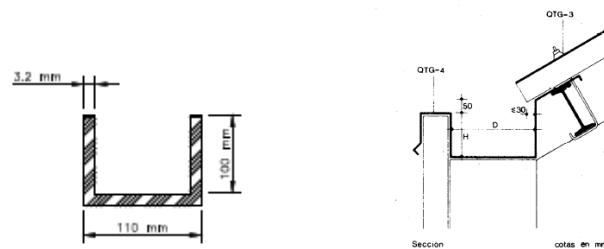
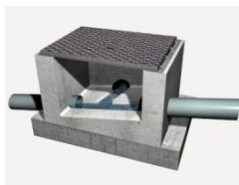


Figura 6.19. Detalle canalón de cubierta.

La canalización de la nave para evacuación de aguas pluviales está formada por bajantes resistentes al fuego de tubo de PVC, serie B de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor. Los metros lineales necesarios para la instalación de canalización de bajantes es de 100 m.

Para la red de saneamiento (canalización que conecta a las bajantes y a la red de alcantarillado) se emplea el mismo tubo de PVC empleado en la canalización de las bajantes pero de 200 mm de diámetro.



El número de arquetas conectadas a la red de saneamiento es de 12 unidades y son del tipo: arqueta de paso de hormigón en masa (HM-30/B/20/I+Qb) "in situ" registrable, de dimensiones 50 x 50 x 50 cm y tapa prefabricada de hormigón armado.

Figura 6.20. Arqueta

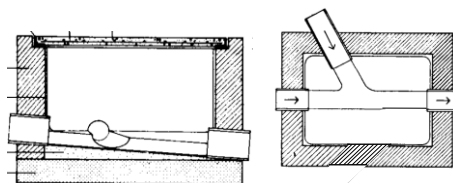


Figura 6.21 y 6.22. Detalle constructivo de la arquetas

6.6 Pavimentos y acabados

La zona transitable de la nave se forma aplicando una base de pavimento relleno con zahorra natural caliza de 20 cm de espesor, compactando con un rodillo vibrante de guiado manual hasta alcanzar una compactación al 90% .



Figura 6.23. Capa de zahorras.

Tras verter la capa de zahorras, se coloca una lamina de polietileno de 0,2 mm de espesor, preparado para recibir la solera de hormigón.

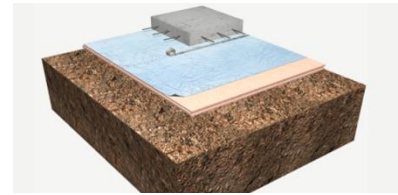


Figura 6.24. Lamina de polietileno.



Figura 6.25. Capa de hormigón armado (solera)

Sobre el relleno de zahorra, se vierte 20 cm de solera de hormigón armado, realizada con HA-25/B/20/IIa con extendido y vibrado manual y una malla electrosoldada como armadura de reparto colocada sobre separadores homologados (incluye panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163 de 20 mm de espesor para junta de dilatación. Se le aplica un acabado superficial realizado mediante fratasadora mecánica.

Ambos pavimentos se aplican sobre la completa superficie de la nave a construir que es de 1200 m².

6.7 Materiales

Los materiales empleados en la estructura, cimentación y elementos constructivos quedan detallados a continuación:

Materiales estructurales:

Hormigón :

Material	HA-30/B/20/Ila+Qa
Descripción	Hormigón armado, de resistencia 30 N/mm ² , con consistencia blanda, clase general de exposición según art 8.2 EHE-08 de Ila, y la clase específica de exposición del mismo artículo de Qa.
Uso	En la cimentación de zapatas, vigas de atado y alrededor de los pernos para asentamiento y soporte de cargas de la estructura.
Cantidad (m ³)	109,644 m ³

Material	HL-150/P/20
Descripción	Hormigón de limpieza, dosificación mínima de 150 kg/m ³ , de consistencia plástica y tamaño de árido 20 mm.
Uso	En la cimentación de zapatas, para un correcto asentamiento y nivelación de la estructura.
Cantidad (m ³)	18,114m ³

Material	HM-30/B/20/I+Qb
Descripción	Hormigón en masa, de resistencia 30 N/mm ² , con consistencia blanda, clase general de exposición según art 8.2 EHE-08 de I, y la clase específica de exposición del mismo artículo de Qb.
Uso	En arquetas para la formación de las paredes de su estructura
Cantidad (m ³)	0,6912 m ³ (las 12)

Material	HA-25/B/20/Ila
Descripción	Hormigón armado, de resistencia 25 N/mm ² , con consistencia blanda, clase general de exposición según art 8.2 EHE-08 de Ila.
Uso	Para solera de hormigón como base de pavimento de las superficies transitables de la edificación (colocado sobre malla electrosoldada y panel de poliestireno expandido)
Cantidad (m ³)	180 m ³

Acero:

Material	B 500 SD
Descripción	Ambas nomenclaturas son aceros, donde B indica el tipo de acero, el número 500 indica el valor del límite elástico nominal garantizado, expresado en MPa, y las letras SD indican la condición de soldable y las características especiales de ductilidad.
Uso	Pernos de las placas de anclaje, en el ferrallado de las zapatas, en las vigas de atado.
Cantidad (kg)	4056,09

Material	S235JR
Descripción	S = acero ; 235 = valor mínimo garantizado del límite elástico en MPa; JR = grado de aplicación: construcción ordinaria
Uso	En correas de cubierta con perfil CF-140x3.0 (conformado en frío, fabricados con aceros laminados en caliente, según norma UNE-EN 10025)
Cantidad (kg)	4900

Características del acero							
Material		E	v	G	f _y	α·t	γ
Tipo	Designación	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(m/m°C)	(kN/m ³)
Acero laminado	S275	210000,00	0,300	81000,00	275,00	0,000012	77,01
Notación: <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i>v: Módulo de Poisson</i> <i>G: Módulo de cortadura</i> <i>f_y: Límite elástico</i> <i>α·t: Coeficiente de dilatación</i> <i>γ: Peso específico</i>							

Material	S275				
Descripción	S = acero ; 275 = valor mínimo garantizado del límite elástico en MPa; JR = grado de aplicación: construcción ordinaria				
Perfiles	IPE	Rectangular conformado	L	Tubo conformado	IPN
	270		80x80x8	175x8	
	360	120x100x4	75x75x6	90x3	160
	100		60x60x5		
Uso	Pórticos fachada Pórticos interiores Correas laterales	Montantes arriostramiento pórticos fachada	Cruces pórticos fachada Cruces fachadas laterales	Diagonales viga Warren Montantes viga Warren	Viga perimetral
Cantidad (Kg)	31868,61	875,31	1234,48	2257,81	1431,84

Otros materiales empleados en la obra:

Zahorra:

Material	Zahorra
Descripción	Caliza granular o natural
Uso	Como relleno para base de pavimento, vertido antes que la solera de hormigón.
Cantidad (m ³)	180 m ³

6.8 Instalaciones

En la nave industrial se ha realizado un estudio de instalaciones necesarias para la seguridad contra incendios.

El estudio detallado que se realiza para el caso concreto de que dicha nave sea utilizada como almacén de productos móviles, concretamente para el caso de productos químicos, está en el documento Anexo Instalaciones.

Los productos químicos almacenados en recipientes móviles son productos acabados (barnices y tintes) y están clasificados como productos líquidos, inflamables y combustibles.

Para el estudio de estos productos almacenados en la nave industrial se sigue el Reglamento De Seguridad Contra Incendios en los establecimientos industriales y además, al almacenar productos químicos, también el ITC MIE APQ-1 (instrucciones técnicas para almacenamiento de productos químicos inflamables y combustibles).

Los productos se han clasificado según el artículo 4 de la ITC MIE APQ-1 siendo los elementos a almacenar de la subclase B1 (productos de punto de inflamación inferior a 38°C).

Entendiendo la nave industrial como un establecimiento industrial y estudiando su configuración y ubicación con relación a su entorno, se define dicha nave como edificio **TIPO C**, pues ocupa totalmente un edificio que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo, según RD 2267/2004.

La nave, tipo C, está caracterizada según su **nivel de riesgo intrínseco** como de **nivel alto 8** ($Q_s=14545,625 \text{ MJ/m}^2$) y tiene una superficie construida de 1200 m². Estas características establecen que toda la nave sea un único sector de incendio, cumpliendo la normativa de la tabla 2.1 Anexo II del RD 2267/2004.

El almacenamiento está clasificado como almacenamiento interior de recipientes móviles según el artículo 52 de esta ITC. Los recipientes móviles cumplen las condiciones constructivas, pruebas y máximas capacidades unitarias establecidas en el Acuerdo europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR). (Los recipientes que se encuentran en el almacén son recipientes metálicos de 25 litros de capacidad).

Condiciones y requisitos generales que cumple la nave de almacenamiento:

Los elementos estructurales portantes de la nave tienen toda estabilidad R-15 según la tabla 2.4 del Anexo II del RD 2267/2004 (por tener rociadores de agua como sistema fijo de extinción).

Edificio cerrado con paneles de hormigón y panel tipo sandwich de resistencia mínima al fuego de EI-120 y provista de puertas de EI-60 y cierre automático. La fachada principal del cerramiento del almacén es accesible por dos vías diferentes a los servicios públicos de lucha contra incendios. Todos los materiales empleados en la nave cumplen condiciones más favorables que las exigidas en la normativa.

Dispone de tres accesos al exterior independientes señalizados, no superando el recorrido máximo real (sorteando pilas u otros obstáculos, 30 m), cumpliendo la Norma del Anexo I del Reglamento de Seguridad Contra Incendios.

Los recipientes metálicos (de 25 litros) están apilados sobre pallets de madera en estanterías metálicas con sistemas de almacenaje independientes y ninguno de los recipientes está a más de 6 metros de un pasillo y respeta el volumen máximo permitido de pila y altura exigido según la distribución en planta del plano N°10 del Documento planos.

Las instalaciones de movimiento de materiales y/o elevadores cumplirán los requisitos establecidos exigidos por la MIE APQ-1.

Para el cumplimiento en la normativa de evacuación se determina el dimensionado de pasillos y salidas en función del número de ocupantes y teniendo en cuenta también la normativa APQ.

Los pasillos principales tienen un ancho de 2,5 m, los de acceso a puertas y ventanas son de 1 m y los pasillos laterales de 1,2 m cumpliendo normativa vigente. En cada uno de los pasillos se colocan señales indicativas de recorrido de evacuación, al igual que en los cruces o bifurcaciones.

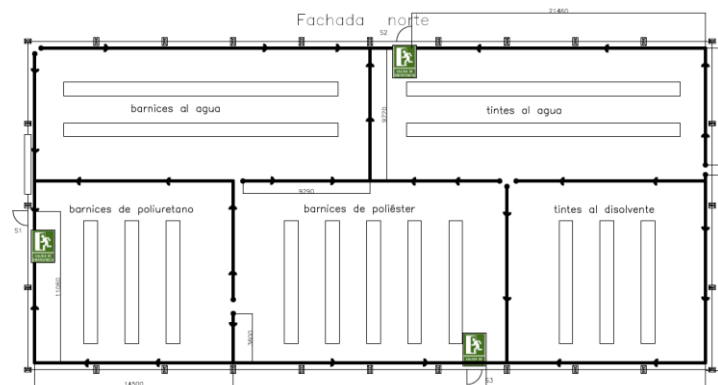


Figura 6.26. Detalle plano 11.

Todas las salidas van también señalizadas, la principal como SALIDA y las dos alternativas como SALIDA DE EMERGENCIA.

Se dispone de un sistema de evacuación de humos, conforme a la norma UNE 23.585, situado en la cubierta de la nave con la instalación de 5 ventiladores de dimensiones 2,8 x 0,5 m y de ventilación natural (plano 8.3). Se dispone además de huecos para entrada de aire en la parte baja del sector (se ha computado para ello las puertas de acceso a la nave).

En cuanto a los requisitos de instalación de los medios de protección contra incendios, los aparatos, equipos y las instalaciones conexas se ajustarán a lo establecido por el RD 1942/1993, 5 de noviembre, la Orden del 16 de abril de 1998, sobre normas y procedimiento y desarrollo del RD y también la Directiva Europea de Productos de la Construcción. Por último deben cumplir las normas armonizadas del CE.

Se instalan sistemas fijos de extinción de incendio (rociadores automáticos de agua) por ser una nave tipo C, con nivel de riesgo intrínseco alto y una superficie construida mayor de 1000 m² como indica el RD 2267/2004, sistemas manuales de detección de incendio (pulsadores que cumplen la norma UNE 23.008 y UNE 23.033) en las paredes de la nave ya que su superficie es mayor de 1000 m². Se coloca un pulsador junto a cada salida.

También se instalan dos alarmas sonoras en la nave como se observa en la distribución del plano 12.

Se instalan 8 extintores de incendio portátiles de eficacia 144B de polvo seco situados según plano próximos a las salidas y en lugares de fácil acceso y buena visibilidad (conforme UNE 23.110), colocados sobre soportes fijos a la pared, de forma que la parte superior de ellos queda a una altura de 1,70 m del suelo.

Se instalan 2 extintores de incendio con carro en las zonas centrales de la nave.

También se han instalado 5 bocas de incendio necesarias según ITC MIE APQ.

Todos los medios de protección instalados en la nave llevan la señalización exigida por normativa.

Distribución de los elementos citados:

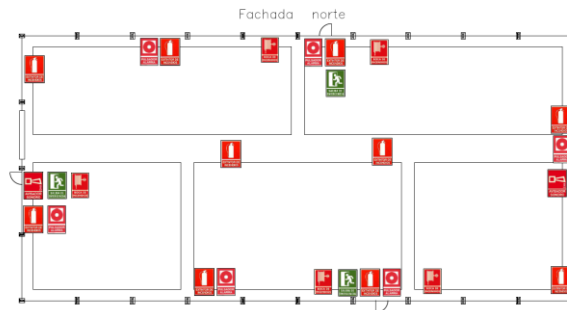


Figura 6.27. Detalle plano 12.

Este almacén industrial dispondrá por normativa de vigilancia adecuada durante las 24 h del día.

7 PRESUPUESTO

El presupuesto de la nave industrial del presente trabajo asciende a la cantidad final de :

446.517,62 €.

CUATROCIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL QUINIENTOS DIECISIETE EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

El m² de construcción según el valor obtenido del PEM sale por **258,42 €/m²**.

El presupuesto abarca la construcción de la nave industrial e incluye todos los revestimientos, acondicionamientos y materiales necesarios de la nave para cumplir la seguridad contra incendios como nave de almacenamiento (excepto los elementos necesarios para la detección, extinción y señalización de la nave). No se incluye el dimensionado ni la red de tuberías ni equipos hidráulicos, solo se ha determinado la dotación.

Cuadro resumen de partidas:

		Pág.: 1	
		RESUMEN DE CAPÍTULOS	
		Ref.: prores2	
		Fec.:	
Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe
01	CAP01	Movimiento de tierras	30.338,66
02	CAP02	Cimentaciones	19.902,03
03	CAP03	Estructura	90.145,90
03.01	3.1	Pórtico interior	44.249,54
03.02	3.2	Pórtico de fachada	13.881,01
03.03	3.3	Fachada lateral	4.907,17
03.04	3.4	Arriostramiento cubierta	4.407,18
03.05	3.5	Correas	22.701,00
04	CAP04	Cerramientos	115.511,63
04.01	4.1	Panel de hormigón	21.720,02
04.02	4.2	Panel tipo sandwich	70.836,32
04.03	4.3	Carpintería metálica	17.398,09
04.04	4.4	Ventilador	5.557,20
05	CAP05	Saneamiento	4.985,80
06	CAP06	Pavimentos y acabados	49.219,20
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL .. (PEM)			310.103,22
13% Gastos Generales			40.313,42
6% Beneficio Industrial			18.606,19
PRESUPUESTO BRUTO			369.022,83
21% I.V.A.			77.494,79
PRESUPUESTO LIQUIDO . (PEC)			446.517,62

Suma el presente presupuesto la cantidad de:

CUATROCIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL QUINIENTOS DIECISIETE EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

El presupuesto de los elementos a adquirir para cumplir con la normativa de seguridad contra incendios del presente trabajo, asciende a la cantidad final de :

6085,74€.

SEIS MIL OCHENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

		Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULO	Ref.: prores2
		Fec.:

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe
01	CAP01	Instalacion contra incendios	4.226,50

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL .. (PEM)	4.226,50
13% Gastos Generales	549,45
6% Beneficio Industrial	253,59
PRESUPUESTO BRUTO	5.029,54
21% I.V.A.	1.056,20
PRESUPUESTO LIQUIDO .. (PEC)	6.085,74

Suma el presente presupuesto la cantidad de:

SEIS MIL OCHENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

En Valencia, a 13 de junio de 2014

Fdo: La alumna

MIREIA FALOMIR ESTARELLES

PROYECTO ESTRUCTURAL Y DE INSTALACIONES DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1200 m² SITUADO EN PICASSENT

2. ANEXO I: INSTALACIONES SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.

ÍNDICE

1	CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.....	3
1.1	Caracterización de los establecimientos industriales según su configuración y ubicación con relación a su entorno	3
1.2	Caracterización del establecimiento según su nivel de riesgo intrínseco.....	3
2	REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO.....	8
2.1	Sectorización de los establecimientos industriales.....	8
2.2	Materiales	9
2.3	Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes	12
2.4	Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento (delimitador)	13
2.5	Evacuación de la nave industrial	13
2.6	Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión en los edificios industriales.....	17
2.7	Almacenamiento	17
2.8	Instalaciones técnicas de servicios de los establecimientos industriales	18
3	REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.....	19
3.1	General	19
3.2	Sistemas automáticos de detección de incendio.....	19
3.3	Sistemas manuales de alarma de incendio.....	20
3.4	Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.....	20
3.5	Sistemas de hidrantes exteriores.....	21
3.6	Extintores de incendio.....	22
3.7	Sistema de bocas de incendio equipadas	24
3.8	Sistemas de rociadores automáticos de agua.....	25

En la nave industrial utilizada como almacén de producto acabado, según el reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RD 2267/2004), se va a establecer un sistema de protección contra incendios teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

1 CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

1.1 Caracterización de los establecimientos industriales según su configuración y ubicación con relación a su entorno

Entendiendo la nave industrial como un establecimiento industrial y estudiando su configuración y ubicación con relación a su entorno se define dicha nave como una de **TIPO C**, pues ocupa totalmente un edificio que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo. Dicha distancia está libre de mercancías, combustibles y elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

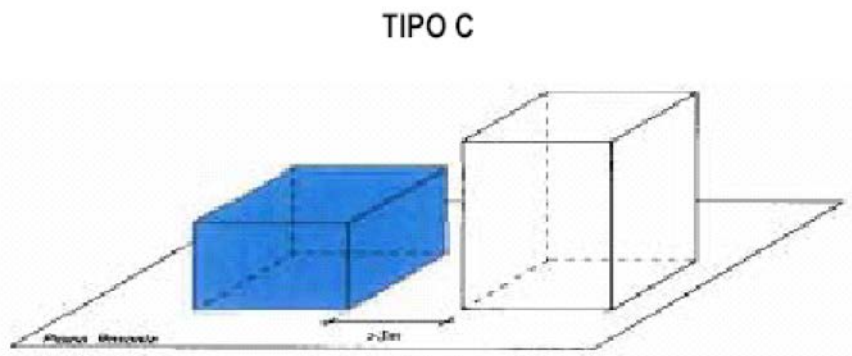


Figura 1. Caracterización de edificio industrial tipo C.

1.2 Caracterización del establecimiento según su nivel de riesgo intrínseco

Según su nivel de riesgo intrínseco y siendo la nave tipo C se entiende como "sector de incendio", el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca. Por lo tanto esta nave constará de **un único sector de incendio**.

Evaluación del nivel de riesgo intrínseco del sector de incendio:

En el caso de actividades de almacenamiento, se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde

Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i), que existen en el sector de incendio.

R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, en nuestro caso almacenamiento.

A = superficie construida del sector de incendio u ocupada por el sector, en m².

q_{vi} = carga de fuego aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.

h_i = altura de almacenamiento de cada uno de los combustibles "(i)", en m.

s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , de cada combustible pueden deducirse de la tabla 1.1 del Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por activación, R_a y la carga de fuego q_{vi} pueden deducirse de la tabla 1.2 del mismo Reglamento.

Por último calculada la Q_s y teniendo en cuenta la tabla 1.3 se deduce el nivel de riesgo intrínseco del sector de incendio, de la nave industrial.

Para el cálculo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida se tiene en cuenta el tipo de productos almacenados y su clasificación según el artículo 4 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos (ITC MIE-APQ1).

Productos almacenados en la nave industrial:

Nombre	Punto de inflamación	Punto de ebullición	Clasificación APQ
Barnices al agua	<38C ⁰	>38C ⁰	B1
Barnices de poliuretano	<38C ⁰	>38C ⁰	B1
Barnices de poliéster	<38C ⁰	>38C ⁰	B1
Tintes al agua	<38C ⁰	>38C ⁰	B1
Tintes al disolvente	<38C ⁰	>38C ⁰	B1

Tabla 1. Clasificación productos químicos.

Según estos datos y teniendo en cuenta que la forma de almacenar estos productos es en recipientes móviles metálicos de 25 l y apilados sobre pallets de madera en estanterías metálicas con altura máxima de pila de 1,5 m (capacidad real de pila descontando los espacios vacíos entre recipiente y estantería, solo altura del líquido, tabla III de la sección tercera de la ITC MIE-APQ1), se calcula el nivel de riesgo intrínseco tomando los valores necesarios de las tablas 1.1, 1.2 y 1.3 del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los establecimientos industriales.

Cálculo por zonas:

Barnices al agua:

Nombre	q _{vi} MJ/m ³	C _i	h _i m	s _i m ²	A m ²	R _a	Q _s MJ/m ²
Barnices	2500	1,60	1,50	225	1200	2,0	2250
Pallets	1300	1,30	0,5	225	1200	2,0	316,875

Barnices de poliuretano:

Nombre	q_{vi} MJ/m ³	C_i	h_i m	s_i m ²	A m ²	R_a	Q_s MJ/m ²
Barnices	2500	1,60	1,50	225	1200	2,0	2250
Pallets	1300	1,30	0,5	225	1200	2,0	316,875

Barnices de poliéster:

Nombre	q_{vi} MJ/m ³	C_i	h_i m	s_i m ²	A m ²	R_a	Q_s MJ/m ²
Barnices	2500	1,60	1,50	375	1200	2,0	3750
Pallets	1300	1,30	0,5	375	1200	2,0	528,125

Tintes al agua:

Nombre	q_{vi} MJ/m ³	C_i	h_i m	s_i m ²	A m ²	R_a	Q_s MJ/m ²
Tintes	2500	1,60	1,50	225	1200	2,0	2250
Pallets	1300	1,30	0,5	225	1200	2,0	316,875

Tintes al disolvente:

Nombre	q_{vi} MJ/m ³	C_i	h_i m	s_i m ²	A m ²	R_a	Q_s MJ/m ²
Tintes	2500	1,60	1,50	225	1200	2,0	2250
Pallets	1300	1,30	0,5	225	1200	2,0	316,875

Total $Q_s = 14545,625 \text{ MJ/m}^2$

Según la tabla 1.3:

TABLA 1.3

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
	Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1 $Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2 $100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3 $200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4 $300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5 $400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6 $800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7 $1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8 $3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

El nivel de riesgo intrínseco es:

Nivel Alto 8.

2 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO.

Definición de términos empleados:

Fachadas accesibles:

Entendiendo como tales, según el Anexo II del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, aquellas que dispongan de acceso directo o huecos (ventanas) para ese acceso directo, desde el exterior, al personal de servicio de extinción de incendios.

Cumplen las normativas de medida y no se ha instalado en fachadas elementos que impidan o dificulten la accesibilidad al interior del edificio a través de los accesos como exige el Anexo II. Cumplen igualmente las condiciones de aproximación de edificios.

Estructura portante:

Se entiende por estructura portante la constituida por los siguientes elementos: forjados, vigas, soportes y estructura principal (la cubierta en sí y sus soportes en planta sobre rasante) y secundaria de cubierta (correas).

Cubierta ligera:

Toda cubierta cuyo peso propio (carga permanente) no exceda de 100 kg/m².

Carga permanente:

Se interpreta como el conjunto formado por la estructura principal de pórticos de cubierta, más las correas y materiales de cobertura.

2.1 Sectorización de los establecimientos industriales.

Se tiene un establecimiento industrial (nave industrial) , con **un sector de incendio** de configuración tipo C, cuya superficie máxima construida admisible es de 2000m² por tener un riesgo intrínseco de nivel 8.

Tabla 2.1

MÁXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE DE CADA SECTOR DE INCENDIO

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m ²)	TIPO B (m ²)	TIPO C (m ²)
BAJO 1 2	(1)-(2)-(3) 2000 1000	(2) (3) (5) 6000 4000	(3) (4) SIN LÍMITE 6000
MEDIO 3 4 5	(2)-(3) 500 400 300	(2) (3) 3500 3000 2500	(3) (4) 5000 4000 3500
ALTO 6 7 8	NO ADMITIDO	(3) 2000 1500 NO ADMITIDO	(3)(4) 3000 2500 2000

Superficie construida de la nave 1200m², cumple la normativa según la tabla 2.1 del Anexo II.

2.2 Materiales

En este apartado se establecen los requisitos que deben cumplir (en cuanto a reacción del fuego, conociendo como tal el comportamiento frente al fuego de un material) los productos de construcción, determinando la clase que debe alcanzar cada uno de los materiales, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado "CE".

Según las condiciones de reacción al fuego de los elementos constructivos, la descripción de los materiales se hace, conforme a la nueva clasificación europea. Por aplicación (con carácter obligatorio a los productos de construcción y a los elementos constructivos afectados por el requisito de seguridad en caso de incendio) del RD 312/2005.

Definición de las Euroclases (UNE EN 13501-1:2002) empleadas en la descripción de los materiales de la nave industrial:

Las nuevas clases son:

A1: no combustible, sin contribución en grado máximo al fuego

A2: no combustible, sin contribución en grado menor al fuego

B: combustible, contribución muy limitada al fuego

C: combustible, contribución limitada al fuego

D: combustible, contribución media al fuego

E: combustible, contribución alta al fuego

F: combustible, sin clasificar

Clasificación adicional:

s: opacidad de los humos (smoke) - s1, s2, s3: baja, media, alta.

d: caída de gotas o partículas inflamadas (drop) - d0, d1, d2: nula, media, alta.

Según su aplicación final:

Sin subíndice: paredes y techos

FL (floor): suelos

L (line): productos lineales para aislamientos de tuberías

LAS EUROCLASES: UNE EN 13501-1:2002

Clasificación según: (clasificación principal)	COMBUSTIBILIDAD	Aplicación final			COMBUSTIBLE	CONTRIBUCIÓN AL FUEGO	
		paredes techos	suelos	Productos lineales para aislamiento térmico de tuberías			
		A1	A1 _{FL}	A1 _L	NO	NO	grado máximo
		A2	A2 _{FL}	A2 _L	NO	NO	grado menor (duración de la llama ≤20s)
		B	B _{FL}	B _L	SI	SI	Muy limitada
		C	C _{FL}	C _L	SI	SI	Limitada
		D	D _{FL}	D _L	SI	SI	Media
		E	E _{FL}	E _L	SI	SI	alta
		F	F _{FL}	FL	Sin clasificar, sin comportamiento determinado		
Clasificaciones adicionales según:	OPACIDAD DE HUMOS	Cantidad y velocidad de emisión			Baja	s1	Observaciones: Las clases A1, A1 _{FL} y A1 _L ; E, E _{FL} y E _L y F, F _{FL} y F _L no se clasifican bajo este concepto.
					Media	s2	
					Alta	s3	
CAÍDA DE GOTAS O DE PARTÍCULAS INFLAMADAS	Sin caída (UNE-EN 13823:2002) en 600s					Observaciones: Las clases A1, A1 _{FL} y A1 _L y F, F _{FL} y F _L no se clasifican bajo este concepto.	
				Sin caída (UNE-EN 13823:2002) durante más 10s			d1
				Ni d0, ni d1			d2

El tratamiento de algunas familias de productos da lugar a clasificaciones específicas (suelos, productos lineales para aislamiento térmico). El tratamiento de otros productos aún en estudio (cables, canales, tubos,...) puede dar lugar a nuevos cuadros de clasificación que se irán publicando en el BOE como desarrollo del RD 312/2005.

Tabla 2. Clasificación de los materiales.

Descripción de materiales que se emplean en la nave teniendo en cuenta la normativa citada.

Productos empleados en paredes y cerramientos.

Material de cubierta

Chapa metálica tipo sándwich, clasificación: **A2-s1,d0**. Más favorable que la exigida (C-s3 d0), o más favorable).

Resistencia al fuego EI 120.



Figura 2. Panel cubierta

Lucernarios

Lucernario continuo en cubierta: Chapa alveolar de policarbonato celular **B-s1,d0**.

Como la exigida.

Material de paredes

Fachada Norte y Sur: Panel prefabricado de hormigón (16cm), clasificación: **A1**.

Más favorable que la exigida en paredes.

Resistencia al fuego EI 120



Figura 3. Panel de hormigón

Fachadas Este y Oeste: Chapa metálica tipo sándwich, clasificación: **A2-s1,d0**.

Más favorable que la exigida (C-s3 d0), o más favorable). Además disponen de 3 metros de hormigón como el descrito anteriormente.

Resistencia al fuego EI 120

Material de suelos

Solera de hormigón, clasificación: **A1**.

Más favorable que la exigida (C-s3 d0 (M2), o más favorable).



Figura 4. Solera de hormigón

2.3 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

Se entiende estructura portante aquella constituida por forjado, vigas, soportes y estructura principal y secundaria de cubierta.

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales de función portante, se define como el tiempo en minutos durante el cual, el elemento mantiene la estabilidad mecánica (capacidad portante) en el ensayo normalizado, conforme a la Decisión 2003/629/CE de la comisión. Dicha estabilidad no tiene un valor inferior al indicado en la tabla.

Se tiene una estructura principal de cubierta ligera (no excede 100 kg/m²), como se indica en los listados de esta misma memoria con soportes en planta sobre rasante, además como se instalan sistemas rociadores automáticos (explicados en el anexo III del RD 2267/2004) se permite utilizar una estabilidad menor a la indicada en la tabla 2.3 del Anexo II (R30).

La estabilidad para esta estructura es de **R15** cumpliendo así normativa vigente según tabla 2.4 del Anexo II.

Tabla 2.4

Nivel de riesgo intrínseco	Edificio de una sola planta		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Riesgo bajo	R 60 (EF-60)	NO SE EXIGE	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 90 (EF-90)	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo alto	NO ADMITIDO	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)



Figura 5. Estructura portante.

Como todos los materiales de la nave industrial cumplen la normativa vigente no será necesario aplicar productos de revestimiento sobre ellos, como así indica la normativa.

- Todos los productos de construcción tienen el marcado CE, dicho marcado junto con su ensayo en laboratorios notificados bastará como medio de prueba de justificación para garantizar su acreditación.

2.4 Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento (delimitador)

Como en la nave industrial solo hay definido un único sector de incendio los elementos constructivos de cerramiento no hace falta definirlos.

2.5 Evacuación de la nave industrial

Para aplicar las exigencias relativas a la evacuación se determina su ocupación P calculada como:

$P = 1,10 \cdot p$, cuando $p < 100$, donde p es el número de personas que ocupa el sector de incendio. $p = 8$; **P = 9**.

En el riesgo de incendio y deflagración se ha tenido en cuenta las normas de el Código Técnico de la Edificación (CTE) "Seguridad en caso de incendio (SI)".

La evacuación de la nave, por ser establecimiento industrial ubicado en edificio tipo C (según se indica en la caracterización de los establecimientos industriales según su configuración y ubicación con relación a su entorno) satisface las siguientes condiciones:

- Términos empleados en el estudio de la evacuación.

Origen de evacuación: Todo punto ocupable de la nave

Recorrido de evacuación: Recorrido que conduce desde un origen de evacuación hasta una salida (indicado en plano incendios 2).

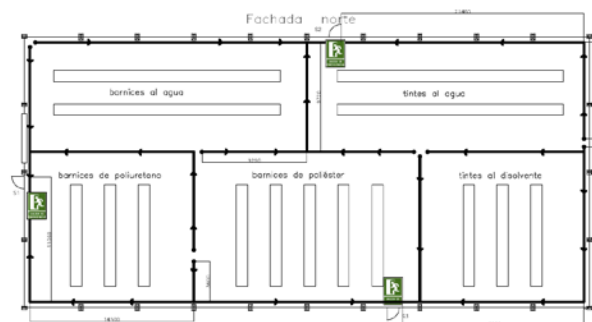


Figura 6. Recorrido de evacuación, detalle plano 11

La longitud de los recorridos por pasillos se miden desde el eje de los mismos.

Espacio exterior seguro: Es donde se da por finalizada la evacuación del personal de la nave.

Salida de edificio: Puerta o hueco de salida a un espacio exterior seguro, en esta nave existen tres.

- Número y disposición de las salidas.

Según el Anexo I del Reglamento de Seguridad Contra Incendios, el sector de incendios con riesgo intrínseco alto (la nave del proyecto se corresponde con un establecimiento industrial con un solo sector de incendio, como se indica en el apartado de Sectorización de los establecimientos industriales, de este mismo documento) debe disponer de **dos salidas alternativas**.

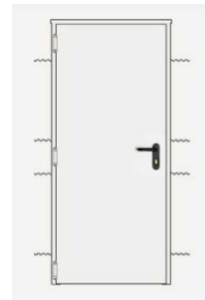


Figura 7. Puerta EI-60

Siendo las distancias máximas de los recorridos de evacuación no superiores a los **30 m** según lo establecido en el artículo 51 punto 6 de la sección 3 de la MIE ITC APQ-1, aplicable en este caso por tratarse de almacenamiento en un edificio industrial de productos químicos líquidos inflamables y combustibles.

- Dimensionado de salidas y pasillos.

De acuerdo con el CTE DB SI, teniendo en cuenta que existen más de una salida en la nave, para el cálculo del dimensionado, se hace la distribución de los ocupantes entre ellas, bajo la hipótesis de que una de estas puertas quede inutilizada (hipótesis más desfavorable).



Figura 8. Estudio evacuación por bloqueo, detalle plano 10 y 11.

Cálculo:

Puertas y pasos: $A \geq P/200$, siendo A la anchura del elemento y P el número total de personas cuyo paso esta previsto por el punto a dimensionar.

$$A = 8/200 = 0,04\text{m.}$$

Teniendo en cuenta que según normativa, la anchura de hoja no puede ser menor de 0,6 m ni exceder de 1,20 m, se elijen **tres puertas** de dimensiones de hoja **1,1x2m**.

Pasillos: $A \geq P/200$.

$A = 8/200 = 0,04m$.

Teniendo en cuenta que según normativa (RD 2267/2004), la anchura mínima en pasillos para 10 personas como máximo, siendo estas usuarios habituales es de 0,8m, se elije una anchura en **pasillos** de **1m** para los de **recorrido de evacuación**, para cumplir además la MIE ITC APQ-1 y los pasillos **centrales** son de **2,5 m** y los **laterales** de **1,2 m**.

- Características de las puertas.

De acuerdo con El BOE (18 de marzo 2010 para modificación ITC MIE APQ1), se instalan en la nave tres puertas de salida de edificio **abatibles con eje de giro vertical** y sistema de cierre automático en concreto, **barra horizontal de empuje, con un resistencia al fuego de EI 60**.

- Características de los pasillos

Se deben cumplir las condiciones de seguridad de utilización dispuestos del documento básico del CTE "Seguridad de utilización" (SU). Cumplen las medidas exigidas citadas anteriormente y deben estar libres de cualquier obstáculo que impida su utilización.

- Señalización e iluminación.

Según el CTE DB SI, se utilizan las señales de evacuación definidas en la norma UNE 23034:1988: se dispondrá del rótulo **SALIDA** en la puerta principal y **SALIDA DE EMERGENCIA** en las dos salidas alternativas (dispuestas en los laterales del edificio)



Se colocan señales indicativas de dirección de recorrido desde todo origen de evacuación desde el que no se perciba directamente la salida o señal indicativa al igual que en los cruces o bifurcaciones de pasillos (según planos de proyecto).

Figura 9. Señales indicativas.

Todas las señales serán visibles incluso cuando exista fallo en el suministro de alumbrado normal.

Las señales elegidas son de placas de **poliestireno fotoluminiscente de 420x420mm**, visibles desde una distancia máxima de observación de hasta 20 m, cumpliendo lo establecido en la norma UNE 23034 (como queda constancia en las partidas del presupuesto).



Los medios de protección contra incendios de uso manual instalados en la nave también se señalizan con placas de **poliestireno fotoluminiscente de 420x420m** cumpliendo lo establecido en la norma UNE 23033-1 y la norma UNE 23035 (indicado en el presupuesto).

Figura 10. Señales elementos contra incendios

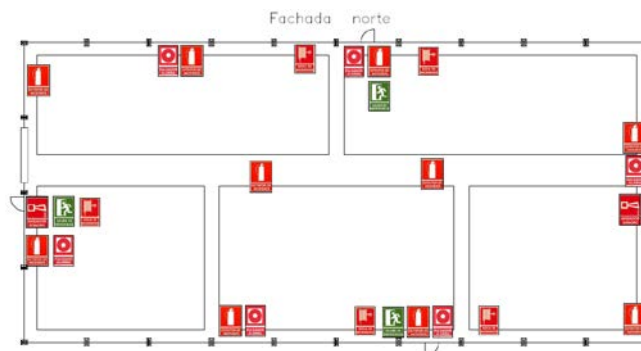


Figura 11. Localización de medios de protección instalados, detalle plano 12

En cuanto a la iluminación las señales fotoluminiscentes cumplen para la emisión luminosa como se ha indicado la norma exigida (ya citada). Cumplirán lo dispuesto en la sección SU 4, Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada, del Documento Básico del CTE (SU).

2.6 Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión en los edificios industriales.

La eliminación de los humos y gases de la combustión, y, del calor generado en la nave, se realizara en relación a las características que determinan el movimiento del humo.

Para ello se dispone de un sistema de evacuación de humos, porque el sector de incendios es de riesgo intrínseco alto y su superficie de 1200 m² (≥ 800 m²) según exige el RD 2267/2004, por lo que se instala un sistema de control de temperatura y evacuación de humos conforme a la norma UNE 23585, situado en la cubierta de la nave instalando para ello cinco ventiladores estáticos con unas dimensiones de 0,5 x 2,8 m, y de ventilación natural (indicado en el plano 8.3).

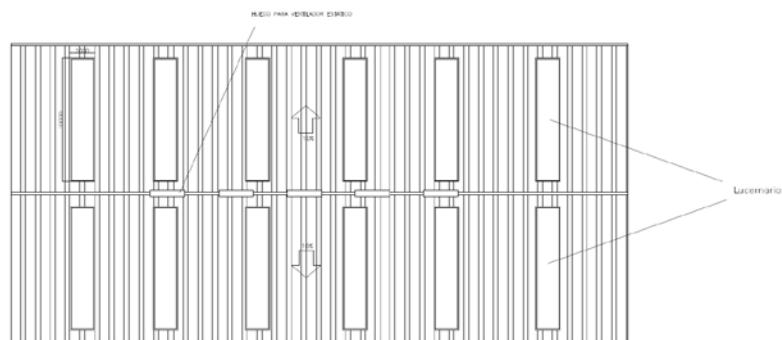


Figura 12. Cubierta edificio industrial, detalle plano 8.3

Se dispone además de huecos para entrada de aire en la parte baja del sector, se computan para ello las puertas de acceso al mismo (puertas de acceso a la nave).

2.7 Almacenamiento

El almacenamiento de los productos debe ser en **estanterías metálicas con sistemas de almacenaje independiente** (elementos estructurales desmontables e independientes de la estructura de cubierta, que solo soportan la mercancía almacenada y en las que no se exige ninguna estabilidad al fuego por estar en un almacén con sistema fijo, tipo C y riesgo alto) **y manual** (las unidades que se almacenan se transportan y elevan con presencia de personas en el almacén), cumpliendo dichos sistemas la norma UNE 58011:2004 y los materiales que componen el sistema deben ser de la clase A1, cumpliendo este requisito los paneles metálicos entre otros. Además estos sistemas de almacenaje deben cumplir los siguientes requisitos:

Los pasos longitudinales y los recorridos de evacuación tienen una anchura libre mayor o igual a un metro.

Los pasos transversales entre estanterías están distanciados entre sí una longitud de 2 m (menor de 10m que es lo que manda la normativa por ser el almacenaje manual), longitudes que se pueden duplicar ya que la ocupación en la zona de almacén es menor que 25 personas ($p=8$). El ancho de los pasos es de 1,20 m cumpliendo la norma de almacenamiento en almacenes industriales en el interior de un edificio industrial (nota 2 del punto 3, del artículo 52 de la MIE ITC APQ-1).

Los recipientes móviles cumplen con las condiciones constructivas, pruebas y máximas capacidades unitarias establecidas en el Acuerdo europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR). Los recipientes están agrupados mediante paletizado para prevenir excesivo esfuerzo sobre las paredes de los mismos.

La altura máxima permitida se computa como la suma de las alturas de los recipientes (sin tener en cuenta estanterías o paletas), la altura máxima es igual a 1,5 m cumpliendo la normativa según tabla III del artículo 52 de la MIE ITC APQ-1.

2.8 Instalaciones técnicas de servicios de los establecimientos industriales

Las instalaciones de movimiento de materiales y elevadores cumplirán los requisitos establecidos por los reglamentos vigentes que específicamente les afecten.

3 REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.

Esta parte del documento se corresponde con la Protección Activa Contra Incendios que tiene como función específica la detección, control y extinción del incendio.

La protección activa se divide en dos campos de acción. Por un lado la detección automática y sistema de alarma, integrados ambos en un mismo sistema y por otro, la extinción, que se realizará por medios portátiles o mediante instalaciones fijas (manuales o automáticas).

Los sistemas de protección que se instalan dependen de la relación entre la tipología de la nave, el nivel de riesgo intrínseco y la superficie.

3.1 General

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones cumplen el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993 de 5 de noviembre, la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas y procedimiento y desarrollo de aquel y también la Directiva Europea de Productos de la Construcción (a través del Real Decreto 1630 y posteriores resoluciones). Por último deben cumplir las normas armonizadas del CE y por ser productos químicos la ITC MIE APQ-1.

En cuanto a los instaladores y los mantenedores de dichas instalaciones, cumplirán los requisitos para ellos exigidos en el RD 1942/1993.

3.2 Sistemas automáticos de detección de incendio.

Entendido como un sistema que permite la detección del incendio, en el tiempo más corto posible y emitiendo las señales de alarma y de localización adecuadas para que puedan adoptarse las medidas apropiadas.

Por las características de la nave industrial y porque en ella se han instalado rociadores automáticos, no es necesaria la instalación de ningún sistema automático de detección de incendio.

3.3 Sistemas manuales de alarma de incendio.

Son un conjunto de pulsadores que permiten transmitir voluntariamente por los ocupantes de la nave una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada, para que sea fácil detectar la zona donde se ha pulsado.

Se instalan en el único sector de la nave en paredes que permitan su ubicación.

En esta nave se instalan **sistemas manuales de alarma de incendio** (que también cumplen la norma UNE-23007, UNE-23008, UNE-23033) ya que su superficie es mayor que 1000 m². La alarma acústica instalada es perfectamente audible en toda la zona y distinta de las destinadas a otros usos según el artículo 53 de la ITC MIE APQ1

Se coloca un **pulsador** junto a cada salida de evacuación del sector y en paredes para que la **distancia máxima** a recorrer hasta alcanzar uno sea menor a **25m**.

Los almacenes industriales caracterizados en esta memoria deben disponer de vigilancia adecuada durante las 24 horas del día según exige la ITC MIE APQ1.

3.4 Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.

Se instala un sistema de abastecimiento de agua contra incendios. Exigencias descritas en el punto 7 del artículo 53 de la ITC MIE APQ1.

Conjunto de fuentes de agua, equipos de impulsión y red general de incendios destinado a asegurar, el caudal y presión de agua necesarios.

El abastecimiento de agua debe estar reservado exclusivamente para el sistema de protección contra incendios, para dar servicio a los sistemas de lucha contra incendio instalados en la nave, BIEs y rociadores automáticos.

Si los servicios públicos de abastecimiento de agua garantizan las condiciones exigidas, la toma de alimentación de la instalación podrá efectuarse en la red general y será independiente de cualquier otro uso. Si no se pudiera garantizar dichas condiciones se debe instalar una reserva de agua con capacidad suficiente y equipos de bombeo adecuados para garantizar esas condiciones necesarias.

3.5 Sistemas de hidrantes exteriores.

Son sistemas de abastecimiento de agua para uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos y personal debidamente formado.

No es necesario la instalación de hidrantes exteriores ya que (como se observa en la tabla 3.1 del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales) para una superficie de 1200 m² y configuración de la zona de incendio como tipo C, el RD no exige ninguna instalación.

TABLA 3.1
HIDRANTES EXTERIORES EN FUNCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LA ZONA, SU SUPERFICIE CONSTRUIDA Y SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m ²)	Riesgo Intrínseco		
		Bajo	Medio	Alto
A	≥300 ≥1000	NO SÍ*	SÍ SÍ	
B	≥1000 ≥2500 ≥3500	NO NO SÍ	NO SÍ SÍ	SÍ SÍ SÍ
C	≥2000 ≥3500	NO NO	NO SÍ	SÍ SÍ
D o E	≥5000 ≥15000	SÍ	SÍ SÍ	SÍ SÍ

3.6 Extintores de incendio

Se instalan **extintores de incendio portátiles** en el único sector de incendio (la nave industrial).

El agente extintor se selecciona según la tabla I-1 del apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, 5 de noviembre.

Tabla I-1

Agente exterior	Clase de fuego (UNE 23.101)			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D(Metales especiales)
Agua pulverizada	XXX (2)	X		
Agua en chorro	XX (2)			
Polvo BC		XXX	XX	
Polvo ABC	XX	XX		
Polvo específico metales				XX
Espuma física	XX (2)	XX		
Anhídrido carbónico	XX (1)	X		
Hidrocarburos halogenados	X (1)	XX	XX	

siendo:

X: aceptable

XX: adecuado

XXX: muy adecuado

(1) En fuegos poco profundos (profundidad inferior a 5 mm) puede asignarse xx.

(2) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma; el resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado en 23.110.

Por otra parte se tiene en cuenta que la carga de fuego aportada por combustibles de clase B en el sector de incendio, determina la dotación de extintores de dicho sector según la tabla 3.2.

TABLA 3.2

DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE B

VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)				
V ≤ 20				
20 < V ≤ 50				
50 < V ≤ 100				
100 < V ≤ 200				
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

En la nave estudiada el volumen de combustible del sector de incendio supera los 2000 l, por tanto se determina la protección de este sector de acuerdo con la reglamentación sectorial específica que le afecta, ITC MIE APQ1 el punto 4 del artículo 53.

Cumpliendo esta normativa se instalan extintores de eficacia 144B (conforme UNE 23110 con agente **extintor** adecuado).

Los extintores portátiles están distribuidos en el sector según plano 12, permitiendo que dichos extintores sean fácilmente visibles y accesibles. Están situados próximos a los puntos donde se estima mayor probabilidad de inicio de incendio, sobre soportes fijados a parámetros verticales o pilares de forma que la parte superior del extintor queda a 1,70 m del suelo.

El recorrido máximo horizontal desde cualquier punto del sector de incendio hasta el exterior, no supera los 15 m como exige normativa vigente.

Los extintores se ajustan al Reglamento de Aparatos a Presión y a su instrucción técnica complementaria MIE-AP5; y los recipientes de los extintores de incendio cumplen los requisitos esenciales de seguridad de la Directiva 97/23/CEE "Equipos a presión" transpuesta a través del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo.

3.7 Sistema de bocas de incendio equipadas

La instalación de bocas de incendio está compuesta por bocas de incendio equipadas (BIE), por la red de tuberías para la alimentación de agua y fuente de abastecimiento de agua (para uso exclusivo de la instalación de protección contra incendios).

Se instalan **BIEs** en la nave industrial por ser edificio tipo C con nivel de riesgo intrínseco alto superficie total construida de 1200m² (≥ 500 m²).

El tipo de BIE instalada según las características de la nave, cumple las condiciones de la siguiente tabla como indica el apartado 9.2 del Anexo III del Reglamento de Seguridad Contra incendios.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

*Se admite BIE 25 mm como vía adicional del de 45 mm, aunque a efectos de cálculo se calcula con una de 45 mm.

Tabla 3. Tipo de BIE

La distribución de las cinco BIEs instaladas cumple lo exigido por la ITC MIE APQ1 (separación máxima entre cada BIE 50 m y distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE equipada mas proxima no excede 25 m, medido sobre recorrido real). Alrededor de cada BIE queda una zona libre de obstaculos que permite el acceso a ella y maniobra sin dificultad.

Las bocas de incendio ocupadas están situadas a 5 m de distancia de cada una de las salidas, sin obstaculizar el uso de las mismas.

Cada BIE esta situada sobre un soporte rigido de forma que el centro queda a una altura de 1,5 m respecto al suelo.

3.8 Sistemas de rociadores automáticos de agua.

Se instalan sistemas fijos de extinción para controlar y extinguir un posible incendio mediante la descarga en el área protegida de un producto extintor (agua), concretamente sistemas de **rociadores automáticos de agua**, por ser edificio tipo C, con nivel de riesgo intrínseco alto y superficie construida superior a 1000 m², como indica el RD 2267/2004.

En Valencia, a 13 de junio de 2014

Fdo: La alumna

MIREIA FALOMIR ESTARELLES

PROYECTO ESTRUCTURAL Y DE INSTALACIONES DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1200 m² SITUADO EN PICASSENT

3. ANEXO II: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

ÍNDICE

CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA	3
1 MODELO ESTRUCTURAL.....	3
2 MATERIALES	4
2.1 Hormigón.....	4
2.2 Acero	5
3 ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO	7
4 ESTRUCTURA METÁLICA.....	11
4.1 Correas	11
4.2 Pórtico interior	16
4.3 Pórtico de fachada	18
4.4 Viga contraviento	25
4.5 Arriostramiento de fachada lateral.....	28
4.6 Viga perimetral.....	34
4.7 Placas de anclaje	35
5 CIMENTACIONES	36
6 SEGUIMIENTO CYPE	38

CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

1 MODELO ESTRUCTURAL

Se procede al cálculo y diseño estructural de una nave industrial con estructura metálica, analizando su geometría y determinando materiales a utilizar y teniendo en cuenta el emplazamiento de esa estructura y las cargas que pueden actuar (soportar y transmitir) sobre ella durante su vida útil .

Los cálculos de la construcción de la estructura de la nave industrial, se basan en el Modelo de cálculo ideal de la estructura para conseguir una representación tridimensional de esta.

El modelo básico que se utiliza para definir la nave es un modelo estructural para nave industrial a base de pórticos a dos aguas.

Así se idealiza la estructura transformando los elementos reales que la componen en barras y nudos ideales, que permiten un estudio más rápido y sencillo que se ajusta en gran medida a la realidad.

El modelo presupone las barras ideales , de material homogéneo y de sección constante a lo largo de todos los ejes.

Teniendo en cuenta las leyes necesarias que relacionan de forma lineal tensiones y deformaciones y las que permiten los desplazamientos de los nudos, se puede, a partir de la hipótesis de que la estructura permanece en equilibrio, obtener las ecuaciones que describen dicha estructura.

Para el cálculo de la estructura se utiliza un software de cálculo matricial, el programa de cálculo CYPE Ingenieros 2014, software comercial, a nombre de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Para ello se introducen los datos de la estructura a construir y obtener así todas las características que debe cumplir la nave. Todo el proceso que se ha seguido para conseguir la solución de dicha nave está detallado, al final de este documento.

2 MATERIALES

Se definen los siguientes materiales estructurales utilizados en la nave industrial:

2.1 Hormigón

Material	HA-30/B/20/Ila+Qa
Descripción	Hormigón armado, de resistencia 30 N/mm ² , con consistencia blanda, clase general de exposición según art 8.2 EHE-08 de Ila, y la clase específica de exposición del mismo artículo de Qa.
Uso	En la cimentación de zapatas, vigas de atado y alrededor de los pernos para asentamiento y soporte de cargas de la estructura.
Cantidad (m ³)	109,644 m ³

Material	HL-150/P/20
Descripción	Hormigón de limpieza, dosificación mínima de 150 kg/m ³ , de consistencia plástica y tamaño de árido 20 mm.
Uso	En la cimentación de zapatas, para un correcto asentamiento y nivelación de la estructura.
Cantidad (m ³)	18,114m ³

Material	HM-30/B/20/I+Qb
Descripción	Hormigón en masa, de resistencia 30 N/mm ² , con consistencia blanda, clase general de exposición según art 8.2 EHE-08 de I, y la clase específica de exposición del mismo artículo de Qb.
Uso	En arquetas para la formación de las paredes de su estructura
Cantidad (m ³)	0,6912 m ³ (las 12)

Material	HA-25/B/20/IIa
Descripción	Hormigón armado, de resistencia 25 N/mm ² , con consistencia blanda, clase general de exposición según art 8.2 EHE-08 de IIa.
Uso	Para solera de hormigón como base de pavimento de las superficies transitables de la edificación (colocado sobre malla electrosoldada y panel de poliestireno expandido)
Cantidad (m ³)	180 m ³

2.2 Acero

Material	B 500 SD
Descripción	Ambas nomenclaturas son aceros, donde B indica el tipo de acero , el numero 500 indica el valor del límite elástico nominal garantizado, expresado en MPa, y las letras SD indican la condición de soldable y las características especiales de ductilidad.
Uso	Pernos de las placas de anclaje, en el ferrallado de las zapatas , en las vigas de atado.
Cantidad (kg)	4056,09

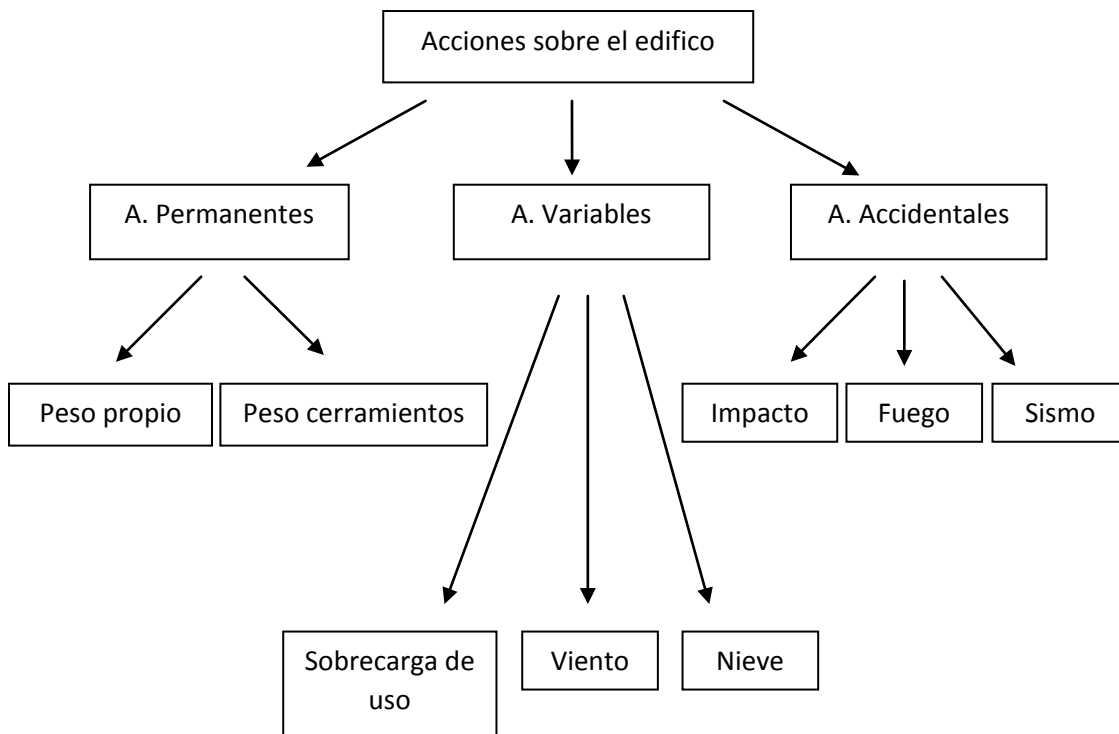
Material	S235JR
Descripción	S = acero ; 235 = valor mínimo garantizado del límite elástico en MPa; JR = grado de aplicación: construcción ordinaria
Uso	En correas de cubierta con perfil CF-140x3.0 (conformado en frío, fabricados con aceros laminados en caliente, según norma UNE-EN 10025)
Cantidad (kg)	4900

Material	S275				
Descripción	S = acero ; 275 = valor mínimo garantizado del límite elástico en MPa; JR = grado de aplicación: construcción ordinaria				
Perfiles	IPE	Rectangular conformado	L	Tubo conformado	IPN
	270		80x80x8	175x8	
	360	120x100x4	75x75x6	90x3	160
	100		60x60x5		
Uso	Pórticos fachada Pórticos interiores Correas laterales	Montantes arriostramiento pórticos fachada	Cruces pórticos fachada Cruces fachadas laterales	Diagonales viga Warren Montantes viga Warren	Viga perimetral
Cantidad (Kg)	31868,61	875,31	1234,48	2257,81	1431,84

3 ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO

Se definen las acciones (perturbación sobre el sistema cambiando su estado inicial) que actúan sobre la estructura de la nave y sus efectos en ella.

Dichas acciones se clasifican según el siguiente cuadro:



El documento básico que se sigue para la aplicación de estas cargas es la Normativa al uso CTE DB SE-A.

A. permanente - peso propio:

El peso propio es el peso de la estructura metálica del edificio industrial.

Se considera aproximadamente un peso propio de $24/100 = 0,24 \text{ KN/m}^2$

Datos de la obra (a. permanente - peso cerramientos):

Separación entre pórticos: 5.00 m

Con cerramiento en cubierta

- Peso del cerramiento: 0.15 kN/m²

- Sobrecarga del cerramiento: 0.40 kN/m²

Con cerramiento en laterales

- Peso del cerramiento: 0.15 kN/m²

Datos de viento (a. variable - viento):

Normativa: CTE DB SE-AE (España)

Zona eólica: A

Grado de aspereza: IV. Zona urbana, industrial o forestal

Periodo de servicio (años): 50

Profundidad nave industrial: 50.00

Sin huecos.

1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

3 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

4 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

5 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

6 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

Datos de nieve (a. variable - nieve):

Normativa: CTE DB-SE AE (España)

Zona de clima invernal: 5

Altitud topográfica: 50.00 m

Cubierta sin resaltos

Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas:

1 - N(EI): Nieve (estado inicial)

2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1

3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

Categoría de uso (a. variable - sobrecarga de uso):

G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables.

Acción sísmica (a. accidental):

Se considera la acción sísmica correspondiente a una aceleración sísmica básica de 0,07 g, la correspondiente al lugar de ubicación de la nave (Picassent, Valencia).

Caracterización del emplazamiento

a_b : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

a_b : 0.070 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K : 1.00

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo III

Espectro de aceleraciones

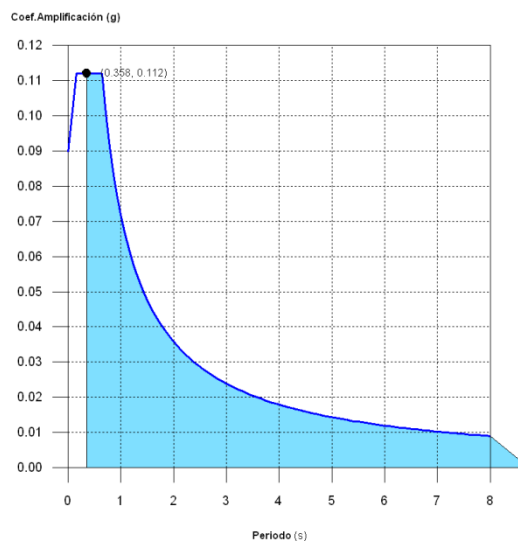


Figura 3.1. Espectro de aceleraciones

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30 % de la masa:

Hipótesis Sismo 1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 19	0.358	0.112

Acción del fuego (a. accidental):

La resistencia al fuego exigible a la estructura es la correspondiente a la de una nave con cubierta ligera, configuración tipo y nivel de riesgo intrínseco alto; R-30 (aunque por haber instalado rociadores automáticos de agua se acepta R-15)

Impacto de carretillas (a.accidental):

Se estudia el impacto accidental en cuanto al valor que puede ejercer una carretilla elevadora de 2,6 m de longitud si se produjera un impacto con la nave es de $(21 + 10) \times 5 = 155 \text{ KN}$.

Class of Forklift	Net weight [kN]	Hoisting load [kN]	Width of axle a [m]	Overall width b [m]	Overall length l [m]
FL 1	21	10	0,85	1,00	2,60
FL 2	31	15	0,95	1,10	3,00
FL 3	44	25	1,00	1,20	3,30
FL 4	60	40	1,20	1,40	4,00
FL 5	90	60	1,50	1,90	4,60
FL 6	110	80	1,80	2,30	5,10

Carretillas normalizadas según EC1-2-7

4 ESTRUCTURA METÁLICA

4.1 Correas

Elementos de la estructura encargados de soportar el peso de cerramiento además de las acciones que actúan sobre la nave en la cubierta y en los laterales.

Las características de las correas de cubierta vienen descritas en los cuadros siguientes:

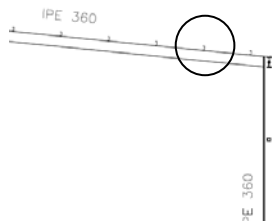



Figura 4.1. Detalle plano 6.2

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-140x3.0	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.75 m	Número de vanos: Dos vanos
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Fijación rígida

Características de CF-140 x 3.0							
	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)
	5.000	7.80	224.50	26.25	0.23	-9.04	0.00
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ		Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00		0.00	0.00		
L _K	0.000	5.000		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							

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 98.96 %

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	NM _y M _z V _y V _z	M _t NM _y M _z zV _y V _z	
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t) _{Máx.} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m η = 99.0	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m η = 15.0	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 99.0
<p><i>Notación:</i> b / t: Relación anchura / espesor $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión, Eje Y M_z: Resistencia a flexión, Eje Z M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial V_y: Resistencia a corte Y V_z: Resistencia a corte Z N_tM_yM_z: Resistencia a tracción y flexión N_cM_yM_z: Resistencia a compresión y flexión NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a cortante, axil y flexión M_tNM_yM_zV_yV_z: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p><i>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</i> ⁽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.</p>														

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 84.49 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.871, 50.000, 8.087

Coordenadas del nudo final: 0.871, 45.000, 8.087

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(0°) H1 a una distancia 2.500 m del origen en el primer vano de la correa.

(I_y = 224 cm⁴) (I_z = 26 cm⁴)

Las características de las correas laterales:

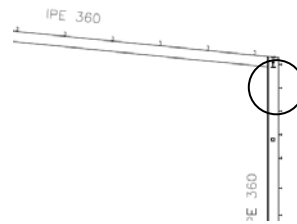



Figura 4.2. Detalle plano 6.2

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 100	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.20 m	Número de vanos: Dos vanos
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: Fijación rígida

Características de IPE 100					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	5.000	10.30	171.00	15.92	1.20
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo		Pandeo lateral		
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	0.00	1.00	0.00	0.00	
L _K	0.000	5.000	0.000	0.000	
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico					

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia	
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.	
Aprovechamiento: 38.09 %	

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_z M_y$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
pésima en lateral	N.P. ⁽¹⁾	x: 0.833 m $\lambda_w \leq$ $\lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} =$ 0.00 N.P. ⁽²⁾	$N_{Ed} =$ 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 5 m $\eta =$ 38.1	$M_{Ed} =$ 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 5 m $\eta =$ 6.7	$V_{Ed} =$ 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.833 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 $\eta =$ 38.1
<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 $NM_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $NM_z M_y$: 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 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. 																

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha	
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.	
Porcentajes de aprovechamiento:	
- Flecha: 66.84 %	

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 5.000, 0.600

Coordenadas del nudo final: 0.000, 0.000, 0.600

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(270°) H1 a una distancia 2.500 m del origen en el segundo vano de la correa.

(I_y = 171 cm⁴) (I_z = 16 cm⁴)

Resumen medición correas:

Medición de correas		
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m
Correas de cubierta (CF-140x3.0)	16	98.00
Correas laterales (IPE 100)	16	129.37

4.2 Pórtico interior

En la estructura del pórtico interior se definen dos elementos: pilares y jácenas.

Material		Descripción						
Tipo	Designación	Elemento	Perfil (Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.} p. (m)	Lb _{Inf.} f. (m)
Acero laminado	S275	Pilar	IPE 360 (IPE)	8.000	0.70	1.36	-	-
		Jácena	IPE 360 (IPE)	12.060	0.00	1.99	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

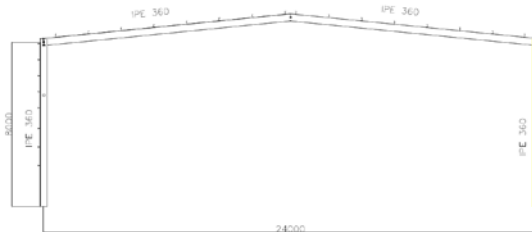



Figura 4.3. Detalle plano 6.2

Las características del IPE 360, tanto en el caso de pilares como en jácenas vienen descritas en los cuadros siguientes:

Características IPE 360 (pilar)					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	8,000	72,70	16270,00	1043,00	37,32

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	1,36	0,00	0,00
L_K	5,600	10,904	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

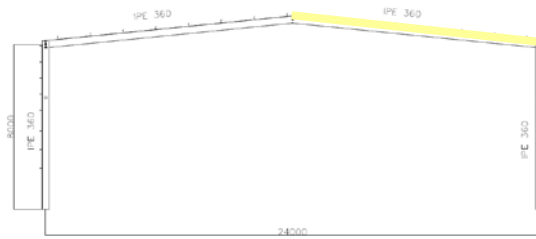



Figura 4.4. Detalle plano 6.2

Características IPE 360 (jácena)					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	12,060	72,70	16270,00	1043,00	37,32
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado</p> <p>⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p>					
	Pandeo		Pandeo lateral		
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	0,00	1,99	0,00	0,00	
L _K	0,000	24,000	0,000	0,000	
C _m	1,000	0,900	1,000	1,000	
C ₁	-		1,000		
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L_K: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C_m: Coeficiente de momentos</p> <p>C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>					

4.3 Pórtico de fachada

En el pórtico de fachada los elementos definidos son: montantes, pilares y jácenas.

Material		Descripción						
Tipo	Designación	Elemento	Perfil (Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup} (m)	Lb _{Inf} (m)
Acero laminado	S275	Pilar esquinero	IPE 270 (IPE)	5.420	0.70	1.03	-	-
			IPE 270 (IPE)	2.580	1.00	2.17	-	-
		Jácenas	IPE 270 (IPE)	6.030	0.00	1.00	-	-
			IPE 270 (IPE)	6.030	0.00	1.00	-	-
		Pilar central	IPE 270 (IPE)	5.420	0.70	1.19	-	-
			IPE 270 (IPE)	3.780	1.00	1.70	-	-
		Pilar continuo al central	IPE 270 (IPE)	5.420	0.70	1.11	-	-
			IPE 270 (IPE)	3.180	1.00	6.02	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
Lb_{Sup}: Separación entre arriostramientos del ala superior
Lb_{Inf}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Las características de los montantes son las descritas en los siguientes cuadros:

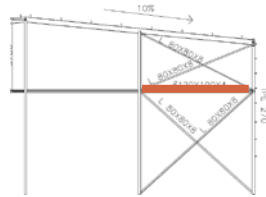
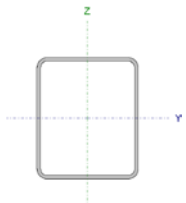


Figura 4.5. Detalle plano 6.1

Características #120 x 100 x 40 (montante)					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	5,000	16,40	342,57	259,07	479,46
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	5,000	5,000	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					

Las dimensiones de las diagonales están calculados en punto 6 de este mismo documento.

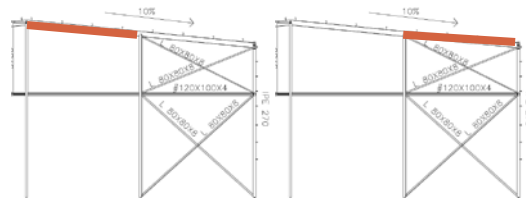



Figura 4.6. Detalle plano 6.1

Características IPE 270 (jácena)					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	6,030	45,90	5790,00	419,90	15,94
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	6,030	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					

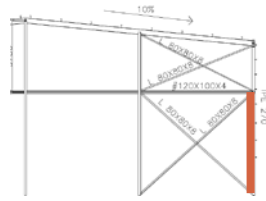
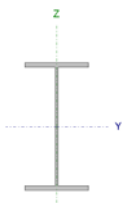


Figura 4.7. Detalle plano 6.1

Características IPE 270 (pilar)					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	5.420	45.90	5790.00	419.90	15.94
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	1.03	0.00	0.00	
L _K	3.794	5.600	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					

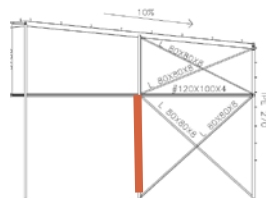


Figura 4.8. Detalle plano 6.1

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.11	0.00	0.00
L _K	3.794	6.020	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				

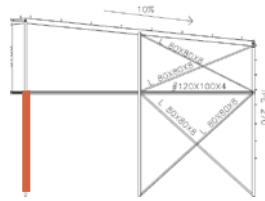


Figura 4.9. Detalle plano 6.1

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.19	0.00	0.00
L_K	3.794	6.440	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

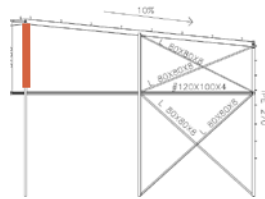



Figura 4.10. Detalle plano 6.1

	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	3.780	45.90	5790.00	419.90	15.94

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	3.780	6.440	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

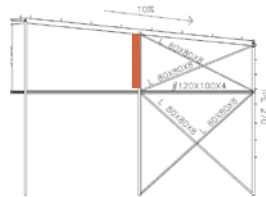



Figura 4.11. Detalle plano 6.1

	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	3.180	45.90	5790.00	419.90	15.94
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado</p> <p>⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p>					
	Pandeo		Pandeo lateral		
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	1.00	6.02	0.00	0.00	
L _K	3.180	19.144	0.000	0.000	
C _m	1.000	0.550	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000		
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L_K: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C_m: Coeficiente de momentos</p> <p>C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>					

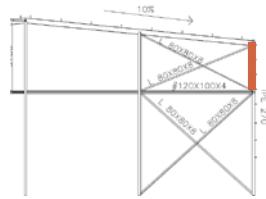



Figura 4.12. Detalle plano 6.1

	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	2.580	45.90	5790.00	419.90	15.94
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado</p> <p>⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p>					
	Pandeo		Pandeo lateral		
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	1.00	2.17	0.00	0.00	
L _K	2.580	5.600	0.000	0.000	
C _m	1.000	0.550	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000		
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L_K: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C_m: Coeficiente de momentos</p> <p>C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>					

4.4 Viga contraviento

Se estudian los elementos de una viga tipo Warren:

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.} (m)	Lb _{Inf.} (m)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	Diagonales		Ø 175x8 (Tubo conformado)	7.833	1.00	1.00	-	-
				Ø 175x8 (Tubo conformado)	7.833	1.00	1.00	-	-
		Montantes		Ø 90x3 (Tubo conformado)	5.000	1.00	1.00	-	-
				Ø 90x3 (Tubo conformado)	5.000	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Las características de los perfiles del montante y de las diagonales adoptados para la solución de la estructura para la viga contraviento tipo Warren son:

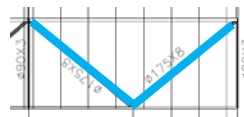
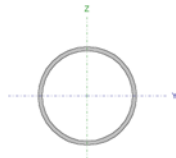


Figura 4.13. Detalle plano 6.3

Características Ø175 x 8 (Diagonal)					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	7.833	41.97	1466.54	1466.54	2933.09
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		7.833	7.833	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					

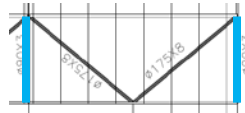
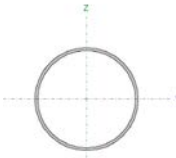


Figura 4.14. Detalle plano 6.3

Características $\phi 90 \times 3$ (Montante)					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	5.000	8.20	77.67	77.67	155.34
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	5.000	5.000	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					

4.5 Arriostramiento de fachada lateral

La descripción del material tanto del arriostramiento como de la viga perimetral son:

Descripción								
Material		Elemento	Perfil (Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	$L_{b_{sup}}$ (m)	$L_{b_{inf}}$ (m)
Tipo	Designación							
Acero laminado	S275	Primer pilar interior	IPE 360 (IPE)	5.420	0.70	2.01	-	-
			IPE 360 (IPE)	2.580	1.00	4.23	-	-
		Diagonal cruz inferior	L 75 x 75 x 6 (L)	7.374	0.00	0.00	-	-
		Diagonal cruz superior	L 60 x 60 x 5 (L)	5.626	0.00	0.00	-	-
		Montante	# 120x100x4 (Rectangular conformado)	5.000	1.00	1.00	-	-
		Viga perimetral	IPN 160 (IPN)	5.000	0.50	0.50	-	-
		Montante superior	Ø 90x3 (Tubo conformado)	5.000	1.00	1.00	-	-
<p><i>Notación:</i> <i>Ni:</i> Nudo inicial <i>Nf:</i> Nudo final β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' $L_{b_{sup}}$: Separación entre arriostramientos del ala superior $L_{b_{inf}}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior</p>								

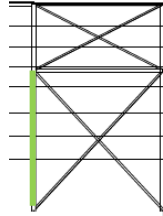



Figura 4.15. Detalle plano 6.4

Características IPE 360					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	5.420	72.70	16270.00	1043.00	37.32
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		3.794	10.904	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					

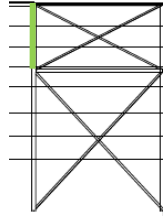



Figura 4.16. Detalle plano 6.4

Características IPE 360					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	2.580	72.70	16270.00	1043.00	37.32
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	4.23	0.00	0.00	
L_k	2.580	10.904	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					

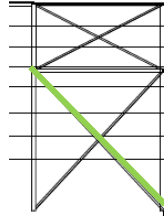



Figura 4.17. Detalle plano 6.4

Características L 75 x 75 x 6									
	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⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
	7.374	8.73	45.57	45.57	26.83	1.04	17.10	-17.10	-45.0
<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>									
		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				
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L_K: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C_m: Coeficiente de momentos</p> <p>C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>									

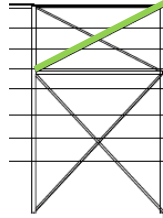



Figura 4.18. Detalle plano 6.4

Características L 60 x 60 x 5									
	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⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
	5.626	5.82	19.37	19.37	11.40	0.48	13.60	-13.60	-45.0
<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>									
	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					
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L_K: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C_m: Coeficiente de momentos</p> <p>C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>									

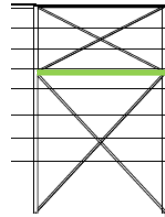
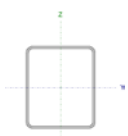


Figura 4.19. Detalle plano 6.4

Características #120 x 100 x 4					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	5.000	16.40	342.57	259.07	479.46
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		5.000	5.000	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					

4.6 Viga perimetral

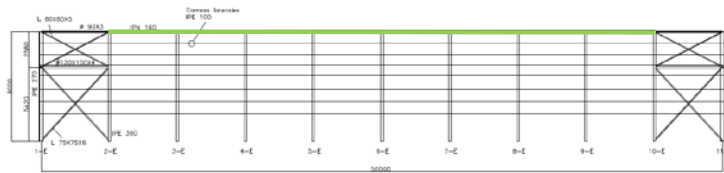



Figura 20. Detalle plano 6.4

Las características del perfil de la viga perimetral

Características IPN 160					
	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	5.000	22.80	935.00	54.70	6.57
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	0.50	0.50	0.00	0.00	
L_K	2.500	2.500	0.000	0.000	
C_m	0.950	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					

4.7 Placas de anclaje

Para definir las placas de anclaje se estudia por separado la placa base y los pernos. Para esta estructura se utilizan dos tipos de placas base.

Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
Pórticos principales	Ancho X: 350 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x6.0)	6Ø20 mm L=35 cm Prolongación recta
Interiores	Ancho X: 400 mm Ancho Y: 600 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x35x7.0)	6Ø20 mm L=50 cm Prolongación recta

Pilares	Acero	Peso kp	Totales kp
Pórticos principales	S275	10 x 33.99	
Interiores	S275	18 x 49.89	
			1237.85
Totales			1237.85

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso kp	Total es m	Totales kp
Pórticos principales	6Ø20 mm L=41 cm	B 500 SD, Ys = 1.15 (corrugado)	60 x 0.41	60 x 1.02		
Interiores	108Ø20 mm L=56 cm	B 500 SD, Ys = 1.15 (corrugado)	108 x 0.56	108 x 1.39		
					85.42	210.65
Totales					85.42	210.65

5 CIMENTACIONES

En la cimentación se definen las zapatas y las vigas de atado. La solución de esta estructura consta de tres tipos de zapatas y de dos tipos de vigas de atado que se describen a continuación.

Zapatas:

Referencias	Geometría	Armado
Zapata esquinas	Zapata cuadrada Ancho: 210.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 9Ø12c/22 Sup Y: 9Ø12c/22 Inf X: 9Ø12c/22 Inf Y: 9Ø12c/22
Zapata pórticos principales	Zapata cuadrada Ancho: 230.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 10Ø12c/22 Sup Y: 10Ø12c/22 Inf X: 10Ø12c/22 Inf Y: 10Ø12c/22
Zapata pórticos interiores lado Norte	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 80.0 cm Ancho inicial Y: 30.0 cm Ancho final X: 80.0 cm Ancho final Y: 305.0 cm Ancho zapata X: 160.0 cm Ancho zapata Y: 335.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 19Ø12c/17 Sup Y: 9Ø12c/17 Inf X: 19Ø12c/17 Inf Y: 9Ø12c/17
Zapata pórticos interiores lado Sur	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 80.0 cm Ancho inicial Y: 305.0 cm Ancho final X: 80.0 cm Ancho final Y: 30.0 cm Ancho zapata X: 160.0 cm Ancho zapata Y: 335.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 19Ø12c/17 Sup Y: 9Ø12c/17 Inf X: 19Ø12c/17 Inf Y: 9Ø12c/17

Resumen de medición:

Elemento	B 500 SD, Y _s =1.15 (kg) Ø12	Hormigón (m ³) HA-30, Y _c =1.5	Limpie za
Zapata esquinas	4x68.20	4x2.43	4x0.44
Zapata pórticos principales	6x83.60	6x2.91	6x0.53
Zapata pórticos interiores lado Norte	9x125.38	9x3.75	9x0.54
Zapata pórticos interiores lado Sur	9x125.38	9x3.75	9x0.54
Totales	3031.24	94.69	14.59

Vigas de atado:

Referencias	Geometría	Armado
Vigas unión pilares pórticos interiores	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
Vigas unión pilares pórticos principales	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

Resumen de medición:

Elemento	B 500 SD, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m ³) HA-30, Yc=1.5	Limpie za
	Ø8	Ø12	Total		
Vigas unión pilares pórticos interiores	20x6. 93	20x20. 70	552. 60	20x0.50	20x0.1 3
Vigas unión pilares pórticos principales	8x8.0 8	8x24.6 2	261. 60	8x0.61	8x0.15
Totales	203.2 4	610.96	814. 20	14.94	3.74

6 SEGUIMIENTO CYPE

El propio término de estructura incluye en su definición la necesidad de resistir las cargas que pueden actuar durante su vida útil, pues cualquier estructura está sometida a varias acciones que debe soportar y transmitir.

Las cargas dependen de diversos factores entre los que se encuentran los materiales utilizados, emplazamiento de la estructura, su uso, el tiempo (viento y nieve) etc.

En el modelo que se va a introducir para el cálculo de la estructura, las cargas más frecuentes son las estáticas (ya que se simplifican las dinámicas en el cálculo debido a variaciones pequeñas en el tiempo o porque se tienen en cuenta como estáticas multiplicadas por un coeficiente).

La tipología estructural empleada en la nave industrial es a base de pórticos rígidos a dos aguas, mostrados en la figura 6 (Documento Memoria).

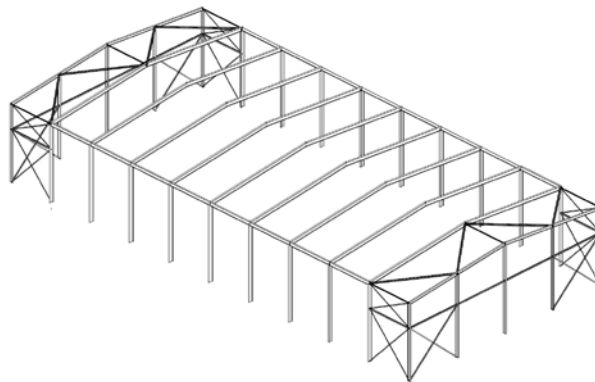


Figura 6.1. Estructura de edificio industrial.

Para el cálculo estructural se ha usado un software (CYPE Ingenieros) que analiza la estructura en su conjunto (acciones, materiales, perfiles, geometría etc), obteniendo resultados ajustados al comportamiento estructural real.

Para la completa definición de la estructura se configura 4 modelos en metal 3D:

- Modelo de barras: formado por todo el entramado estructural del edificio (se idealiza a barras y a nudos).
- Modelo de cargas: en él se definen las acciones a tener en cuenta y su relación con otras cargas definidas (permanentes, sobrecargas, viento...)
- Modelo de pandeo: definir correctamente las barras de los pilares, modificando los parámetros de pandeo en el software.
- Modelo de flechas: indicar en el programa los grupos de flecha (alineación de barras que configuran un elemento estructural) y también la flecha secante y la flecha tangente.

El cálculo de la estructura se realiza con el software CYPE Ingenieros, utilizando Generador de Pórticos y Nuevo Metal 3D, según el siguiente modulo operativo:

Para caracterizar la obra, lo primero que se realiza es introducir en el Generador de Pórticos los siguientes datos:

- Número de vanos = 10;
- Crujía = 5m;
- Cerramiento en cubierta = con cerramiento en cubierta tipo sándwich y un peso de 0,15 kN/m².
- Sobrecargas de cerramiento = 0,4 kN/m² que se corresponde con cubierta ligera, debida al mantenimiento (Categoría de Uso según CTE DB SE-AE G1).
- Cerramiento lateral = 0,15 kN/m². El cerramiento lateral es importante porque sino el programa no genera las acciones de viento en los pilares, y calcula una marquesina.
- Con sobrecarga de viento = Normativa : CTE DB SE-AE España. Zona eólica: A, velocidad básica: 26 m/s. Grado de aspereza: única, IV (zona industrial). Periodo de servicio: 50 años y se supone que no hay huecos en el edificio. Solo se evalúa el viento exterior.
- Con sobrecarga de nieve = Se define la zona climática invernal: Zona 5. Se define la altitud topográfica de la edificación: 50 m sobre el nivel del mar. También la exposición al viento de la cubierta: normal sin resaltos. Cota de nieve: altitud inferior o igual a 1000 m.
- Sobrecarga en la cubierta = G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables.

Una vez introducidos los datos anteriores de la obra, el programa automáticamente pide los datos sobre geometría de la estructura. Se procede a la introducción de la geometría de la estructura introduciendo los siguientes datos:

- Se introduce un pórtico nuevo
- Pórtico a dos aguas
- Perfiles simples (configuración de las barras).
- Pórtico rígido (tipo de cubierta).
- Dimensiones = luz: 24 m, altura de alero: 8 m y altura de cumbrera: 9,2 m.

A continuación, se definen, las unidades que son las del SI.

Tras estos datos se procede al cálculo de las correas en la cubierta y en los laterales.

Correas en cubierta:

Las correas en cubierta constituyen el componente estructural de una cubierta de tipo tejado, dispuestas en los faldones con distancia regular entre ellas (1.6 m) y que apoyan en las alas superiores de las jácenas de los pórticos del sistema estructural de la nave.

Para el cálculo de las correas en cubierta introducimos los datos siguientes en el Generador de Pórticos:

- Limite flecha = $L/300$
- Número de vanos = 2. A nivel constructivo el efecto de continuidad entre un tramo y el siguiente se consigue entre la unión de las correas entre tramos consecutivos.



Figura 6.2. Efecto de continuidad

Para el cálculo de las correas el software usa el modelo de viga continua con un número de tramos variable (dos vanos, los que salva una correa). Estos tramos se enlazan por solape entre los pórticos, así se establece continuidad en la transmisión de esfuerzos y, por tanto, la correa tendrá el mismo número de vanos que la nave completa.

- Tipo de fijación = Indica al programa las cargas con que se deben comprobar las correas: fijación rígida. (Cobertura de paneles dispuesta de modo que el desplazamiento en su plano se puede considerar impedido, se fijan las correas al material de cubrición y las jácenas de modo que se impida la torsión de estas).

- Tipo de perfil = Se elije tipo Conformado Z, se fija la separación entre correas (s_c) 1,75 m, se selecciona dimensionar y se obtiene un perfil de ZF-160x2,5; para ver si hay una opción más barata se selecciona tipo Conformado C, distancia 1,75 m y dimensionar. La solución es un perfil conformado en frio con forma de C: CF-140x3.0 (opción más barata) con un tipo de acero S235. El perfil que cumple la combinación de cálculo de todas las hipótesis (incluidas en las que aparece la nieve y el viento) es CF-140x3.0 con un aprovechamiento del 98,96%.

Correas laterales:

Se realiza igual que las correas de cubierta, la única diferencia es el tipo de perfil, que se elije un perfil tipo IPE pues el perfil C y el perfil Z producen un exceso de carga, por el peso de las propias correas, obteniendo como solución más optima un IPE 100 con un tipo de acero S275.

En la realización de los planos con el programa Autocad, a las correas se les aplica simetría para que la abertura del perfil conformado tipo C este en dirección a los nudos más altos de la cubierta y se desplazan hacia el interior dejando así un hueco para el canalón ya que el programa no las situa correctamente.

Como el Generador de Pórticos no calcula la estructura, sino que es una ayuda a la introducción de datos y la introducción de cargas; para calcular la estructura hay que exportar los datos al Nuevo Metal 3D.

Al exportar se seleccionan los siguientes parámetros:

- Pórticos biempotrados
- Pandeo en pórticos traslacionales
- Generación pórticos 3D
- No agrupar planos

Para los cálculos siguientes, las cargas generadas por las correas como cargas puntuales en el lugar de aplicación de cada correa, se cambian por cargas lineales uniformemente distribuidas sobre la longitud de las vigas del pórtico (no se corresponde con la realidad, pero se da por válido).

La primera ventana que aparece es la de datos generales donde se selecciona:

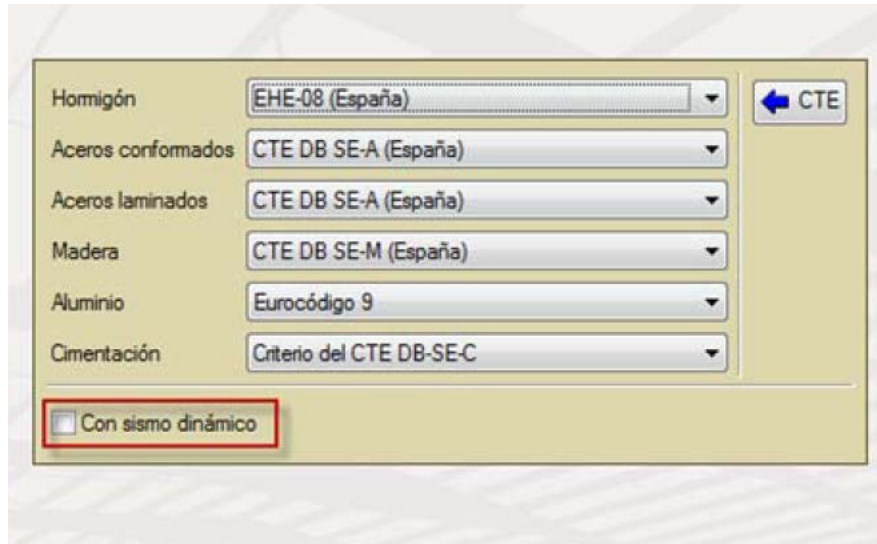


Figura 6.3. Datos generales CYPE

Para visualizar la estructura se definen ventanas de visualización de alzado de pórtico interior, alzado de pórtico de fachada, cubierta y laterales, describiendo en cada uno de ellos toda la geometría y características de las barras de su estructura y la descripción de sus perfiles, calculando los coeficientes de pandeo con el modelo de pandeo.

Antes de proceder a los cálculos en los modelos de barras, pandeo etc, se modifica la disposición del perfil de los pilares laterales de fachada 90º:

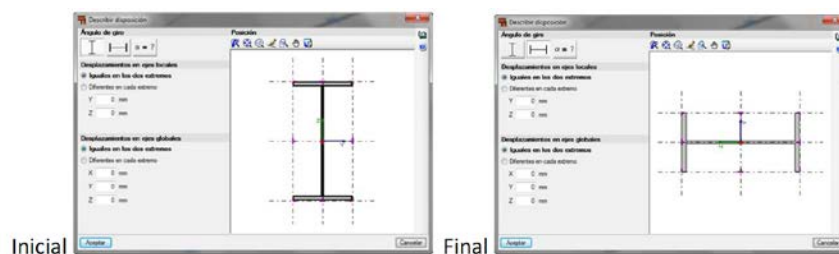


Figura 6.4. Modificación de disposición del perfil

- Modelo de barras:

Antes de realizar el cálculo de la estructura, se definen parámetros fundamentales para que la estructura quede completamente definida, prácticamente todos son parámetros relacionados con la definición de las barras, pues los nudos vienen definidos del Generador de Pórticos.

Como la exportación de la obra al Nuevo Metal 3D se realiza como pórticos interiores, se cierra la configuración estructural definiendo el arriostramiento lateral, el de cubierta, el sistema contraviento de fachada, los pilares de la fachada y los montantes de cada uno de ellos.

Se elige en la descripción del perfil, como perfil de partida para todas las barras, un IPE 200. La selección para la viga perimetral es de un perfil IPN 100, para los montantes de la viga contraviento un tubo conformado $\varnothing 60 \times 2$, para las cruces de San Andrés un perfil de 20x20x3 (tirantes) y para el montante de las fachadas un perfil rectangular conformado.

Se procede a la descripción del material empleado, seleccionando el material que se usa en toda la estructura, S275.

- Modelo de pandeo:

Para el cálculo de los coeficientes de pandeo, se define para cada barra dicho coeficiente en los dos planos (XY, XZ).

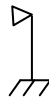
- Pórtico interior

Se empieza con el estudio de la estructura de un solo pórtico interior (zona GHJI), ya definido por completo.

Cálculo del pandeo en el pilar.

El programa asigna valores de pandeo automáticamente a las barras del pilar que se cambian como se explica a continuación.

Entendiendo como el plano XY el plano perpendicular al pórtico y el plano XZ como el plano del pórtico:

Para el plano XY, la barra es de tipología empotrado-apoyado () el coeficiente β es:

$$\beta = 0,7$$

en este plano el modo de pandeo es intraslacional.

Para el plano XZ se calcula el coeficiente de pandeo, teniendo en cuenta que

$$L_k = \beta \cdot L, \quad \beta = \beta (\eta_1, \eta_2, GT)$$

donde:

L = 8	Longitud real de la pieza
β	Coficiente de pandeo a definir
GT=1 (traslacional)	Grado de traslacionalidad
η_1, η_2	Coficiente de distribución superior e inferior (articulación=1; empotramiento=0)

El pilar en este plano es traslacional, tiene en la base un $\eta_1 = 0$ (empotramiento), y en su cabecera se precisa calcular dicho coeficiente:

$$\eta_2 = \frac{L}{L + 1,5 \cdot h}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0,2(\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8(\eta_1 + \eta_2) + 0,60 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

donde h = altura del pilar (8m) y L = luz del pórtico (24m) quedando así :


$$\eta_2 = 0,666$$

$$\beta = 1,363$$

El coeficiente de momento del plano XY se le da un valor de 1 ya que se corresponde con el primer caso de la tabla siguiente:

Tabla 6.10 Coeficientes del momento equivalente

Factor de momento flector	Eje de flexión	Puntos arriostrados en dirección
$C_{m,y}$	y-y	z - z
$C_{m,z}$	z - z	y-y
$C_{m,LT}$	y - y	y-y

Diagrama de Flectores	Factor de momento uniforme equivalente
	$C_{m,y} = C_{m,i} (i=y)$
	$C_{m,z} = C_{m,i} (i=z)$
	$C_{m,LT} = C_{m,i} (i=LT)$

$$C_{m,i} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$$

Figura 6.5. Ley de momentos flectores

es decir,

$M_h = \Psi \cdot M_h$, siendo $M_h = 0$ y $\Psi = 1$, y por tanto $c_{m,i} = 0,6 + 0,4 \cdot \Psi = 1$

ya que su ley de momentos es lineal de valor 0.

En el plano XZ tiene un valor de 0,9 por ser un plano traslacional.

El pandeo lateral en la barras del pilar es nulo (los perfiles no pandean lateralmente), $\beta_v = 0$ (tanto en el ala superior como en la inferior).

Cálculo de pandeo en la jácena:

Para el caso de la jácena el pandeo en el plano XY (plano perpendicular al pórtico) está impedido, por ello el valor del coeficiente es:

$$\beta = 0;$$

en cambio para el plano XZ (plano del pórtico) se introduce (luz del pórtico):

$$L_K = 24 \text{ m,}$$

porque el programa no realiza la comprobación de pandeo teniendo en cuenta el conjunto de las dos jácenas, haciendo igual el producto $\beta \cdot L$ (donde $\beta = 1$ y $L = 24 \text{ m}$).

El coeficiente de momento equivalente para el plano XZ si que tiene momento flector debido a las acciones gravitatorias y a las acciones de viento en la cubierta y la ley de momentos flectores obtenida se corresponde con la siguiente ley:

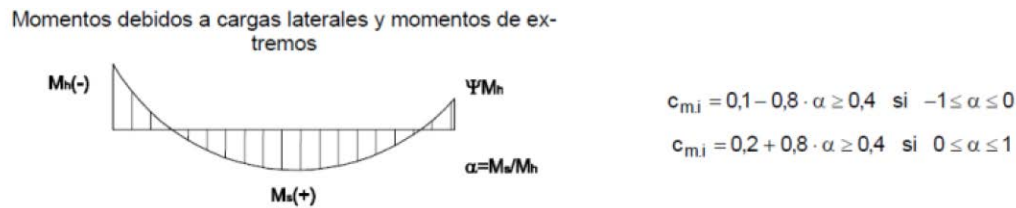


Figura 6.6. Ley de momentos flectores

Se toma como $c_m = 0,9$. Se elije este valor ya que aunque no se sepa el valor de M_h y de M_s , se sabe que M_h es mayor que M_s en valor absoluto y que por tanto $0 > \alpha > -1$ y por ello se cumplirá la primera condición, es $c_m \leq 0,9$ y por eso se elije este valor.

En el plano XY el coeficiente toma un valor de 1 ya que en el caso de la cubierta, la jácena no tiene esfuerzos.

El pandeo lateral en la barras de la jácena son nulos (los perfiles no pandean lateralmente), $\beta_v = 0$ (tanto en el ala superior como en la inferior).

➤ Pórtico de fachada

Se define la vista frontal donde se describe el sistema de pilares de fachadas y se procede a la generación de nudos y barras.

Seleccionado el nudo de cabecera del pilar y posteriormente el de cumbrera, e indica el numero de segmentos a generar (2). Se repite la operación en la otra jácena que nos proporciona así los nudos para el posicionado de los pilares intermedios.

Se introduce ahora una nueva barra para cada nudo existente, introduciendo así los pilares del pórtico frontal:

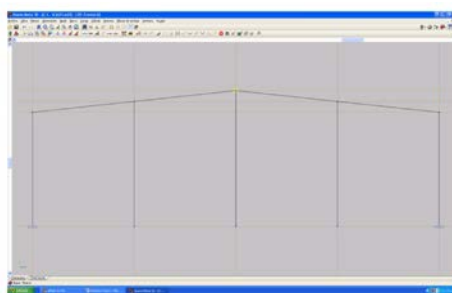


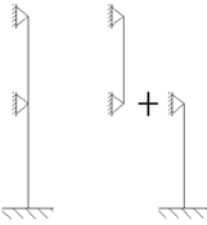
Figura 6.7. Introducción de pilares

Esta disposición de pilares, obliga a tener un radio de giro en la sección muy elevado (en el plano del pórtico, XZ), por esto se dividen los pilares en dos tramos mediante un montante. Para que las esbelteces de los dos tramos sean la misma, se debe cumplir:

$$h_i + h_s = h_t = 8$$

$$0,7 \cdot h_i = 1,0 \cdot h_s$$

empotrado-apoyado apoyado-apoyado



$$h_i = 5,42 \text{ m}$$

Así se posicionan las nuevas barras (montantes), y se procede a configurar la disposición del arriostramiento de fachada (cruces de San Andrés).

El programa solo permite que se introduzcan barras que arriostren trabajando únicamente a tracción por eso las cruces superiores del arriostramiento no se plantean para este programa pero sí que realiza el cálculo a mano, porque si deben aparecer a efectos de planos, estructura y mediciones.

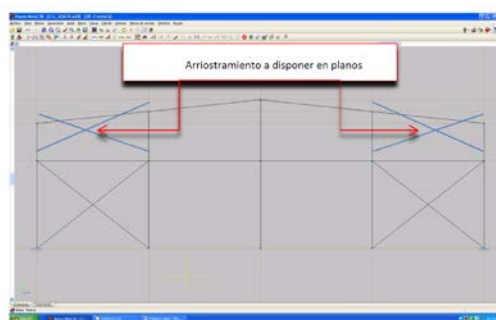


Figura 6.8. Arriostramiento lateral

Se procede a la descripción de las vinculaciones extremas de las barras para que trabajen como lo esperado, es decir:

- La jácena trabaja como una viga continua apoyada sobre la cabeza de los pilares, para que trabaje apoyada sobre los pilares se articula la cabeza de los pilares (articulación en cabeza del pilar).

- b. Los pilares trabajan empotrados-apoyados.
- c. Las barras que configuran los arriostramientos deben estar articuladas en sus extremos.

Para el cálculo de pandeo de cada uno de los elementos del pórtico de fachada, se indica los parámetros de pandeo de cada uno de ellos.

Cálculo de pandeo de la jácena:

En este elemento el valor de $\beta = 1$ en el plano XZ (plano del pórtico), (apoyado-apoyado, intraslacional (GT= 0)) y $\beta = 0$ en cubierta (plano XY), (impedido).

El coeficiente de momento equivalente (c_m) se corresponde con la figura 6 (flexión debida a peso propio en el plano XZ), con un valor de $c_{m,i} = 1$ y en el plano XY al igual que antes tendríamos momento flector nulo a lo largo de toda la barra y por tanto $c_{m,i} = 1$.

Cálculo de pandeo del pilar:

Los parámetros de pandeo en el pilar son de $\beta = 0,7$ en el tramo inferior (empotrado-apoyado) tanto en XZ como en plano XY; en tramo superior son $\beta = 1$ para el plano del pórtico y $\beta = 0,7$ teniendo en cuenta su longitud total, para el plano perpendicular al pórtico.

Para las barras del tramo superior en el plano XZ el pandeo se calcula con la longitud de pandeo. Para cada pilar variará cumpliendo todos:

$$L_k = \beta \cdot h = 0,7 \cdot \text{altura del pilar.}$$

$$\text{Pilar central: } 0,7 \cdot 9,2 = 6,44$$

$$\text{Pilar de derecha e izquierda del central : } 0,7 \cdot 8,6 = 6,02$$

$$\text{Pilar esquinero : } 0,7 \cdot 8 = 5,6$$

Para el pilar central:

Para el tramo inferior en el plano XY, $\beta = 0,7$ (empotrado -apoyado) y en el plano XZ, $L_k = 6,44$.

Para el tramo superior en el plano XY, $\beta = 1$ (apoyado-apoyado) y en el plano XZ, $L_k = 6,44$.

Para el pilar de derecha e izquierda del central:

Para el tramo inferior en el plano XY, $\beta = 0,7$ (empotrado -apoyado) y en el plano XZ, $L_k = 6,02$.

Para el tramo superior en el plano XY, $\beta = 1$ (apoyado-apoyado) y en el plano XZ, $L_k = 6,02$.

Para el pilar esquinero:

Para el tramo inferior en el plano XY, $\beta = 0,7$ (empotrado - apoyado) y en el plano XZ, $L_k = 5,6$.

Para el tramo superior en el plano XY, $\beta = 1$ (apoyado - apoyado) y en el plano XZ, $L_k = 5,6$.

Los coeficientes para todos los pilares son iguales, solo se diferencian según el plano. Para el plano XY se cumple el primer caso de la figura 5 donde estaríamos en un plano en el que debido al arriostramiento la barra no tendría momentos en ese plano, su ley de momento sería lineal de valor cero, es decir,

$M_h = \Psi \cdot M_h$, siendo $M_h = 0$ y $\Psi = 1$, y por tanto $c_{m,i} = 0,6 + 0,4 \cdot \Psi = 1$

Para el plano XZ si que existen momentos flectores debidos a las acciones (la acción principal es el viento en la fachada frontal), teniendo en cuenta el caso de carga uniforme aplicada a una barra empotrada en la base y apoyada en su cabeza se sabe el valor de M_h y de M_s :

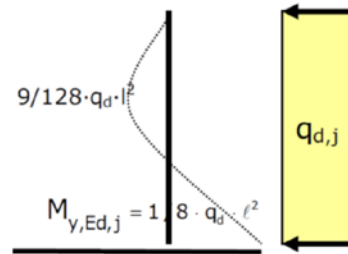


Figura 6.9. Ley de momentos.

la ley de flectores se corresponde con :

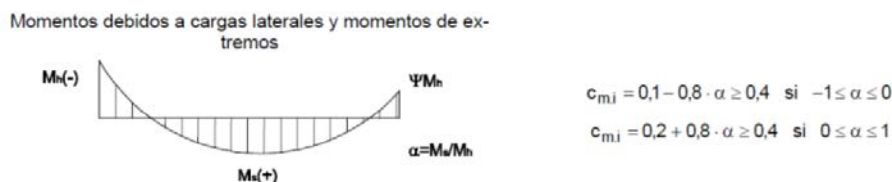


Figura 6.10. Ley de momentos flectores.

Así, $M_h = \Psi \cdot M_h$, siendo $M_h = (-1/8) \cdot q \cdot l^2$ y $M_s = (9/128) \cdot q \cdot l^2$ y $\alpha = M_s/M_h = 0,5625$, así $c_{m,i} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha = 0,55$.

Cálculo de pandeo de los montantes:

Para los montantes de fachada el coeficiente de momento equivalente es en el plano XZ $c_{m,i} = 0,95$ (figura 11), ya que la flexión que tiene se la genera el peso propio; en el otro plano (XY) se tiene momento flector nulo a lo largo de toda la barra y por tanto $c_{m,i} = 1$.



Figura 11. Lay de momentos flectores

Se asigna el coeficiente de pandeo en el plano XY con valor de $\beta = 1$ (apoyado-apoyado) y en el plano XZ, $\beta = 1$.

El pandeo lateral en la barras de la jácena y del pilar son nulos (los perfiles no pandean lateralmente), $\beta_v = 0$ (tanto en el ala superior como en la inferior).

➤ Primer pórtico interior

Para el caso del primer pórtico interior:

Cálculo del pandeo de jácena:

La jácena de este primer pórtico interior se define igual que las jácenas de todos los pórticos interiores (definidas y calculadas anteriormente)

Calculo del pandeo del pilar:

El pilar en este primer pórtico se divide en dos tramos (mediante la generación de nudos), a una altura de 5,42 m donde se apoya el montante del arriostramiento lateral.

Para definir la longitud de pandeo tanto en el tramo superior como en el inferior del plano XZ se selecciona la opción de L_k , donde toma el valor de:

$$L_k = h_p \cdot \beta \text{ (del pilar)} = 8 \cdot 1,36 = 10,904$$

Para el plano XY en el tramo inferior $\beta = 0,7$ (empotrado-apoyado) y en el tramo superior $\beta = 1,0$ (apoyado-apoyado).

El valor del coeficiente de momento en el plano XY es igual a 1 y en el plano XZ a 0,9.

El pandeo lateral en la barras de la jácena y pilares son nulos (los perfiles no pandean lateralmente), $\beta_v = 0$ (tanto en el ala superior como en la inferior).

➤ Arriostramiento lateral

Para el arriostramiento lateral se genera una nueva vista de cada uno de los laterales y se dibujan las barras que configuran el arriostramiento y la viga perimetral.

Se articulan los extremos de las barras que trabajan a compresión y los de las barras que configuran la viga perimetral:

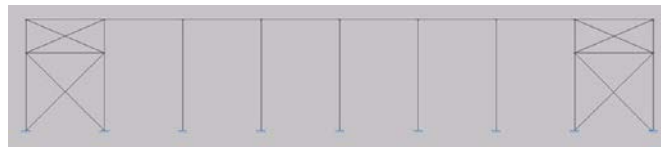


Figura 6.12. Articulaciones

Cálculo de pandeo del montante:

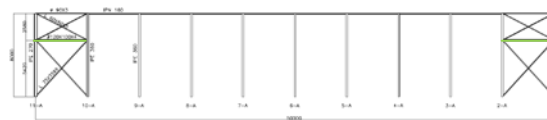


Figura 6.13. Detalle plano 6.4

La longitud de pandeo y el coeficiente de momento en los montantes de la fachada lateral es igual a la de los montantes del pórtico de fachada, (al igual que en la otra fachada lateral).

Cálculo de pandeo de la viga perimetral:

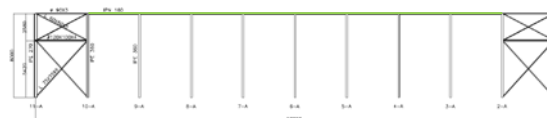


Figura 6.14. Detalle plano 6.4

Se trata de una barra que trabaja a tracción, canaliza cualquier empuje movilizad por intento de pandeo de los pórticos interiores a la cruz de San Andrés.

Al tratarse de una viga biapoyada $\lambda_{\max} < 4$ por eso, β pasa a tomar un valor de 0,5 (tanto en el plano XY como en el plano XZ)

Para asignar la longitud de pandeo en este caso, solo se modifican las longitudes de pandeo de las barras que configuran la viga perimetral ya que este elemento trabaja a tracción, indicando que las β de pandeo en los planos de la sección XY y XZ son 0,5.

Se asigna el coeficiente de momentos tanto en plano XY como en XZ, $c_{m,i} = 0,95$.

➤ Cubierta

En la cubierta solo se definen los montantes de la viga tipo Warren, del mismo modo que los montantes de la fachada lateral y que el pórtico de fachada.

A los tirantes de toda la estructura no se les aplica una longitud de pandeo ni un coeficiente de momento porque el programa no calcula $\lambda < 3$ (esbeltez para tirantes) y por eso se calculan a mano directamente.

En la cubierta también se introducen articulaciones en los montantes y en las diagonales de la viga contraviento.

- Modelo de cargas.

En el modelo de cargas se revisan las cargas generadas que se han importado desde el Generador de Pórticos y se añaden las correspondientes a la sobrecarga de uso.

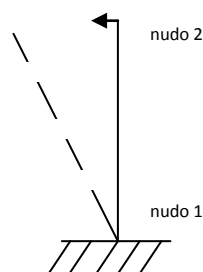
- Modelo de flecha.

Antes del cálculo se fijan los límites de desplome y flecha que queremos emplear tanto en los pilares como en las jácenas.

Pilares:

En los pilares se define el desplome del pilar, para lo que se calcula:

- Integridad, con un límite de flecha de 1/250, (flecha relativa activa, sin cargas permanentes).
- Apariencia, con un límite de flecha de 1/250, (Metal 3D no permite incluir este tipo de combinación).



Flecha tangente: mide el desplazamiento de los extremos.

Figura 6.15. Desplome del pilar (flecha tangente)

Para la comprobación del desplome en los pilares (con los criterios definidos y las combinaciones adecuadas) se indica al Metal 3D que la flecha en pilares es el

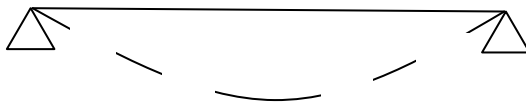
desplome que se corresponde con la flecha tangente al nudo 1 (la numeración de nudos se realiza de forma automática por el programa).

Para comprobar la deformación o el desplazamiento se accede al menú barra, se edita grupos de flecha seleccionando los pilares e indicando que es tangente en ambos planos al nudo 1. Por último se seleccionan todos los pilares y se accede a barra-flecha limite - pilares: L/250

Jácenas:

En las jácenas se comprueba:

- Integridad, con un límite de flecha de 1/300, (flecha relativa activa, sin cargas permanentes).
- Apariencia, con un límite de flecha de 1/250, (Metal 3D no permite incluir este tipo de combinación).



Flecha secante: mide la deformación relativa del elemento respecto a sus extremos

Figura 6.16. Desplome jácena (flecha secante)

La comprobación de integridad se fija para que la realice directamente el programa se seleccionan todos los elementos que no sean pilares (jácenas, montantes, viga perimetral) y yendo a barra-flecha límite y en el apartado de flecha relativa XZ se pone 1/300.

La comprobación es la de la flecha relativa que se corresponde con la flecha secante (el programa lo toma por defecto este dato).

Combinaciones:

La configuración de las combinaciones de acciones características para el criterio de integridad y el de las combinaciones casi permanentes para el criterio de apariencia se selecciona en acciones - estados limite - configurar combinaciones y se elige que situaciones se van a dar en la estructura:

1. Se introduce el nuevo nombre para la combinación: ELS del CTE - carga permanente.
2. Se cambia el nombre a la primera combinación que corresponde a la combinación de todas las acciones (llamándola Integridad V+N+S), excepto de la sobrecarga de mantenimiento en cubierta (Uso 6).

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{0,j} \cdot Q_j$$

viento = $\psi_0 = 0,6$

nieve = $\psi_0 = 0,5$

sobrecargas = $\psi_0 = 0,7$

Integridad V+N+S:

(todas las acciones menos el peso)

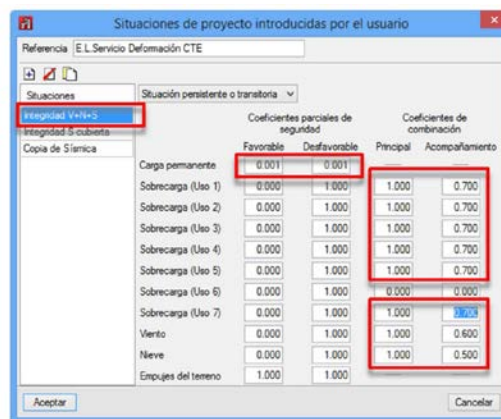


Figura 6.17. Integridad V+N+S

Integridad V+N+S				
	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)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	0.500

La carga permanente que debería ser nula el programa no lo acepta y por eso se elige una valor muy pequeño.

3. Se cambia el nombre de la segunda acción que se corresponde con G1 a :

Integridad S cubierta

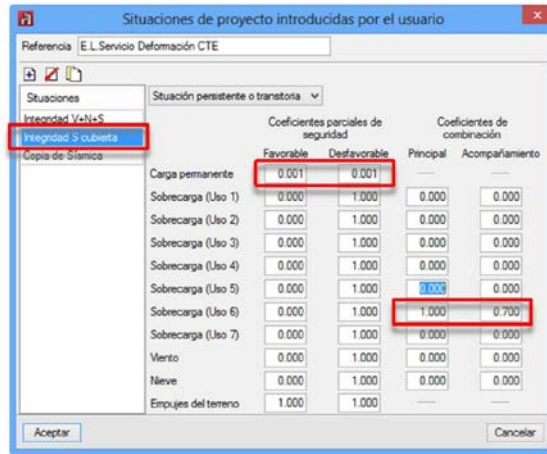


Figura 6.18. Integridad S cubierta

	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)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

4. Se crean dos combinaciones más para el criterio de apariencia que se corresponde con el peso propio y las sobrecargas.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,j} \cdot Q_j$$

viento = ψ₀ = 0,0

nieve = ψ₀ = 0,0

sobrecargas = ψ₀ = 0,6

Apariencia V+N+S

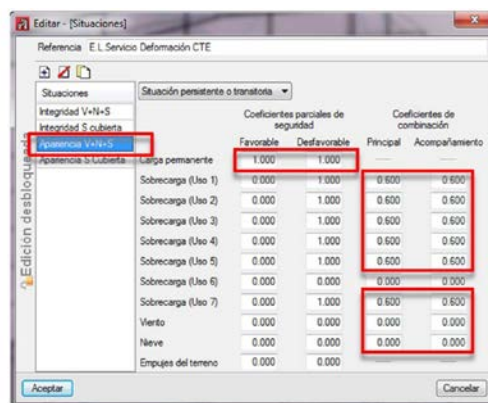


Figura 6.19. Apariencia V+N+S

Apariencia V+N+S				
	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)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)				
Nieve (Q)				

Apariencia S cubierta

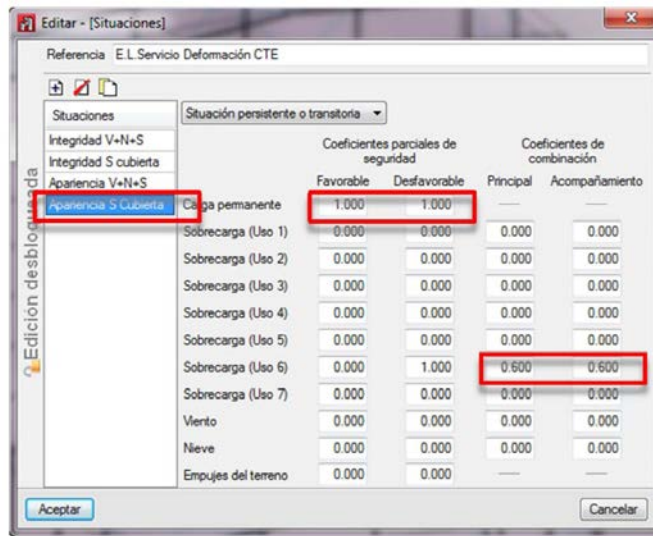


Figura 6.20. Apariencia S cubierta

Apariencia S cubierta				
	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)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)				
Nieve (Q)				

Solución:

Una vez todo introducido se le da a calcular para que el programa realice el cálculo y diga si los perfiles que se introdujeron anteriormente estaban bien. No es el caso y por ello está la opción de colocar un refuerzo, pero al salir un refuerzo excesivo se elige la opción de elegir perfiles mayores para que cumpla todas las condiciones.

Para homogeneizar los pórticos, se elige tanto en las jácenas como en los pilares de un mismo pórtico el mismo perfil (a pesar de que a veces el perfil de los 2 pilares saliera menor que el de las jácenas).

Los tirantes y los montantes no están bien dimensionados ya que como se ha dicho antes es necesario calcular el perfil óptimo a mano.

Se realizara de la siguiente forma:

$$\lambda < 3 ; i \geq (I_d/2)/(3 \cdot \lambda_{lim})$$

para cada caso.

Cálculo del perfil óptimo de tirantes y momentos:

Diagonal arriostramiento lateral:

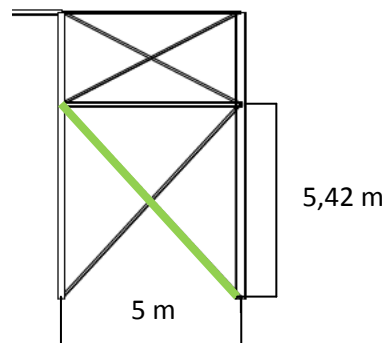


Figura 6.21. Detalle plano 6.4

$I_d/2 = 3,687017765$; $i \geq 3,687017765 / 3 \cdot 86,814 = 0,01415677105$ -----
L75x75x4; opción de CYPE: L75x75x6

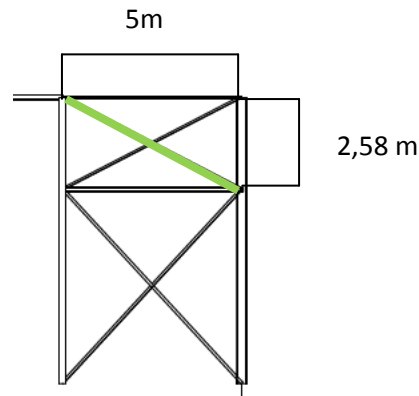


Figura 6.22. Detalle plano 6.4

$l_d/2 = 2,813201024$; $i \geq 2,813201024 / 3 \cdot 86,814 = 0,01080164115$ -----
L60x60x4; opción de CYPE:

Diagonal arriostramiento fachada:

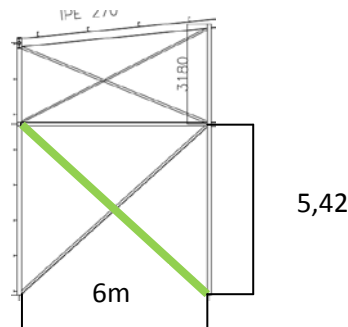
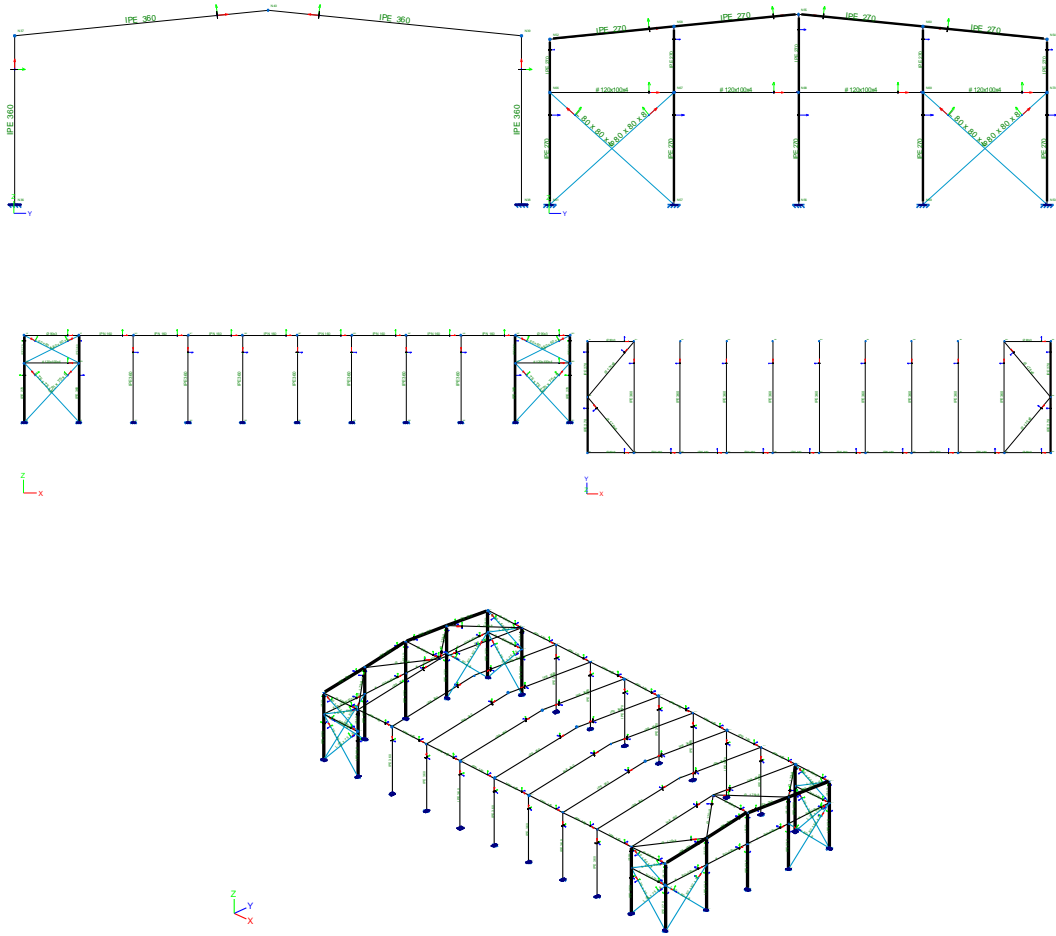


Figura 26.3. Detalle plano 6.1

$l_d/2 = 4,04278$; $i \geq 4,04278 / 3 \cdot 86,814 = 0,01552276515$ ----- L80 x 80 x 5;
opción de CYPE:

Para finalizar los cálculos de la estructura, se clican las diagonales de la viga tipo Warren y en cargas -activar/desactivar- se asigna carga superficial.

Solución de CYPE:



Una vez calculada toda la estructura se pasa a dimensionar las placas de anclaje, para ello se va a placa de anclaje-opciones para la elección de las características de la placa, donde se elige el espesor máximo de la placa (22 mm) y la opción pernos soldados. Se le da a calcular uniones soldadas y después a generar - dimensionar - y se finaliza clicando a igualar (con lo que se consigue igualar las placas de anclaje de los pórticos de fachada y por otro lado las placas de anclaje de los pórticos interiores).

Después de cada modificación que se hace sobre la configuración de partida, se debe dar a comprobación, para ver si la placa cumple o no.

Ahora se pasa a la pestaña cimentaciones donde se accede a los datos generales, se elige un hormigón tipo HA-30 y de acero B 500 SD.

También se fijan otras opciones de cálculo en obra - opciones - recubrimientos - lateral = 8.00 cm, en hormigón de limpieza se clican zapatas y también se clican vigas centradoras y de atado.

Una vez fijados estos parámetros básicos se procede a dibujar las nuevas zapatas, se va a Elementos de cimentación - Nuevo, al clicar aparece una barra de herramientas y se elige el segundo icono (zapata de hormigón armado), se elige con un solo arranque. Se opta por las zapatas de los pórticos principales cuadradas y para la de los pórticos interiores rectangulares excéntricas (creciendo hacia el exterior y optimizando así la edificación). Aparece insertada una zapata que no está calculada y de dimensiones mínimas. Solo falta el cálculo de las zapatas que se consigue con cálculo-dimensionar. La solución obtenida, por defecto con estos datos, es una zapata que crece hacia el eje X que no se desea y por tanto se edita la zapata indicando al programa que el crecimiento sea en el otro eje, eje Y. Se finaliza la operación indicando dimensionamiento - completo.

Las dimensiones de la zapata se modifican manualmente y de manera gradual hasta que cumpla todas las comprobaciones. La primera modificación es el cambio del excesivo canto por uno que sea suficiente para que quepan los pernos de anclaje, se selecciona geometría y se indica el valor del canto de la zapata (70 cm). Aparece así una nueva geometría para la zapata.

Con las nuevas dimensiones obtenidas y tras dimensionar - rearmar, el programa determina el armado necesario, en el caso de nuestra nave el programa indica que no está en equilibrio. Se deben cambiar las dimensiones a mano hasta que se consiga cumplir con todas las condiciones (dimensionar - rearmar).

Las dimensiones que si cumplen todas las condiciones son: 160 x 335 x 70 (pórticos interiores), 210 x 210 x 55 (esquinas) y 230 x 230 x 55 (pórticos principales).

Se acaba calculando las vigas de atado, al igual que en las zapatas se accede a la pantalla de nuevo y en este caso se elije vigas de atado y se selecciona calcular y comprobar.

Cerrado el cálculo y comprobación de la nave, se procede a generar la documentación gráfica y los listados de las descripciones y comprobaciones de la ELU, cargas, deformaciones etc de cada uno de los elementos definidos.

Para mayor detalle de estas comprobaciones se recopilan a continuación los listados que CYPE facilita, con los cálculos internos que él realiza. Dichos listados están incluidos en el DVD que se encuentra al final de este documento para poder acceder a cualquier comprobación de resultados y características. No obstante se incluyen a continuación los listados de las barras más significativas de la estructura.

Listados CYPE:

Listados CYPE de las barras significativas de la estructura.

Pórtico interior:

.- Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N36/N37

Perfil: IPE 360						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N36	N37	8.000	72.70	16270.00	1043.00	37.32
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	1.36	0.00	0.00		
L _K	5.600	10.904	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.

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

$\bar{\lambda}$:

1.67



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} :

70.26

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} :

689.33

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} :

2836.19

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.

$$N_{cr,z} : \underline{\hspace{10em}} \quad 689.33 \quad \text{kN}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\hspace{10em}} \quad \infty$$

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{\hspace{10em}} \quad 16270.00 \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{\hspace{10em}} \quad 1043.00 \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{10em}} \quad 37.32 \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{10em}} \quad 313600.00 \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{10em}} \quad 210000 \quad \text{MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{10em}} \quad 81000 \quad \text{MPa}$$

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

$$L_{ky} : \underline{\hspace{10em}} \quad 10.904 \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{\hspace{10em}} \quad 5.600 \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.000 \quad \text{m}$$

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

$$i_0 : \underline{\hspace{10em}} \quad 15.43 \quad \text{cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{\hspace{10em}} \quad 14.96 \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{\hspace{10em}} \quad 3.79 \quad \text{cm}$$

y₀ , **z₀**:

$$y_0 : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.00 \quad \text{mm}$$

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

z_o : 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:

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

$41.83 \leq 255.09$



Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w : 334.60 mm

t_w : 8.00 mm

A_w : 26.77 cm²

$A_{fc,ef}$: 21.59 cm²

k : 0.30

E : 210000 MPa

f_{yf} : 275.00 MPa

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 : 0.014 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 27.25 kN

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{t,Rd} : \underline{1904.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

$$A : \underline{72.70} \text{ cm}^2$$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.151} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{79.20} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : \underline{1840.02} \text{ kN}$$

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.

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

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

$$A_{ef} : \underline{70.26} \text{ cm}^2$$

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

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 275.00 \quad \text{MPa}$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 1.05$$

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 525.10 \quad \text{kN}$$

Donde:

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

$$A_{ef} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 70.26 \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 261.90 \quad \text{MPa}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 275.00 \quad \text{MPa}$$

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

$$\gamma_{M1} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 1.05$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\chi_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.78$$

$$\chi_z : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.29$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.91$$

$$\phi_z : \underline{\hspace{2cm}} \quad 2.15$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.21$$

$$\alpha_z : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.34$$

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.83$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\hspace{2cm}} \quad 1.67$$

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

$$N_{cr} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 689.33 \quad \text{kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 2836.19 \quad \text{kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 689.33 \quad \text{kN}$$

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

N_{cr,T} :

∞

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

Se debe satisfacer:

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

η :

0.724



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

M_{Ed}⁺ :

193.34 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

M_{Ed}⁻ :

82.03 kN·m

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

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

M_{c,Rd} :

266.88 kN·m

Donde:

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

Clase :

1

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

W_{pl,y} :

1019.00 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:

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

$$\eta : \underline{\hspace{2cm} 0.007 \hspace{2cm}} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.33 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{\hspace{2cm} 0.36 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm} 50.05 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{\hspace{2cm} 1 \hspace{2cm}}$$

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

$$W_{pl,z} : \underline{\hspace{2cm} 191.10 \hspace{2cm}} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\hspace{2cm} 261.90 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{\hspace{2cm} 275.00 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{\hspace{2cm} 1.05 \hspace{2cm}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \quad \underline{0.092} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$V_{Ed} : \quad \underline{40.18} \quad \text{kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{435.49} \quad \text{kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad \underline{28.80} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \quad \underline{360.00} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{8.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

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

$$41.83 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \quad \underline{41.83}$$

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \quad \underline{64.71}$$

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

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.92$$

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{\text{ref}} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 235.00 \quad \text{MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 275.00 \quad \text{MPa}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1 \quad \eta < \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{\text{Ed}} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.04 \quad \text{kN}$

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

$$V_{\text{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{\text{c,Rd}} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 694.54 \quad \text{kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{\hspace{2cm}} \quad 45.93 \quad \text{cm}^2$

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{\hspace{2cm}} \quad 72.70 \quad \text{cm}^2$

d : Altura del alma. $d : \underline{\hspace{2cm}} \quad 334.60 \quad \text{mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{\hspace{2cm}} \quad 8.00 \quad \text{mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 261.90 \quad \text{MPa}$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 275.00 \quad \text{MPa}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 1.05$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$40.18 \text{ kN} \leq 217.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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

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

$$V_{Ed} : \underline{40.18} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{435.49} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.04 \text{ kN} \leq 347.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N36, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{694.54} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.757} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.711} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.518} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{és}imos se producen en el nudo N37, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p ^{és} imo.	N_{c,Ed} :	<u>61.49</u> kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de c3lculo p ^{és} imos, seg ^{ún} los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ :	<u>193.34</u> kN·m
	M_{z,Ed}⁺ :	<u>0.00</u> kN·m
Clase : Clase de la secci3n, seg ^{ún} la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.	Clase :	<u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.	N_{pl,Rd} :	<u>1904.05</u> kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} :	<u>266.88</u> kN·m
	M_{pl,Rd,z} :	<u>50.05</u> kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)

A : 3rea de la secci3n bruta.	A :	<u>72.70</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} :	<u>1019.00</u> cm ³
	W_{pl,z} :	<u>191.10</u> cm ³
f_{vd} : Resistencia de c3lculo del acero.	f_{vd} :	<u>261.90</u> MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$		
Siendo:		
f_y : L3mite el3stico. (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 interacci3n.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \quad \underline{1.03}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \quad \underline{1.16}$$

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 reducci3n por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y :	<u>0.77</u>
	χ_z :	<u>0.28</u>

λ_y, λ_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relaci3n a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ_y :	<u>0.84</u>
	λ_z :	<u>1.70</u>

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la secci3n.	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 $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$40.18 \text{ kN} \leq 217.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{40.18}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{435.49}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

Barra N37/N40

Perfil: IPE 360 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)
N37	N40	12.060	72.70	16270.00	1043.00	37.32
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	24.000	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.

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

$\bar{\lambda}$:

1.82



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} :

70.26

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} :

585.44

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} :

585.44

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} :

∞

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

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:

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

$$41.83 \leq 255.09$$



Donde:

h_w: Altura del alma.**t_w**: Espesor del alma.**A_w**: Área del alma.**A_{fc,ef}**: Área reducida del ala comprimida.**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.**E**: Módulo de elasticidad.**f_{yf}**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w : 334.60 mm

t_w : 8.00 mm

A_w : 26.77 cm²

A_{fc,ef} : 21.59 cm²

k : 0.30

E : 210000 MPa

f_{yf} : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N40, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \text{Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{31.59} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad \mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{1904.05} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

A : 72.70 cm²

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.024} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.092} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$N_{c,Ed}$: 44.96 kN

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{1840.02} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

Clase : 4

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

A_{ef} : 70.26 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd} \qquad N_{b,Rd} : \qquad \underline{489.04} \qquad \text{kN}$$

Donde:

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

$$A_{ef} : \qquad \underline{70.26} \qquad \text{cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\chi_y : \qquad \underline{0.27}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \qquad \underline{2.32}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

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

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\bar{\lambda}_y : \qquad \underline{1.82}$$

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

$$N_{cr} : \qquad \underline{585.44} \qquad \text{kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \qquad \underline{585.44} \qquad \text{kN}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \quad \underline{\underline{0.724}} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(O°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \quad \underline{\underline{82.03}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$M_{Ed}^- : \quad \underline{\underline{193.34}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \quad \underline{\underline{266.88}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,y} : \quad \underline{\underline{1019.00}} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.129 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

V_{Ed} : 56.10 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} : 435.49 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 28.80 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 360.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 8.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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:

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

41.83 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 41.83

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

λ_{máx} : 64.71

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

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa

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

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

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

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

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

$$V_{\text{Ed}} \leq \frac{V_{\text{c,Rd}}}{2} \quad 56.10 \text{ kN} \leq 217.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 56.10 kN

$V_{\text{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{\text{c,Rd}}$: 435.49 kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{\text{c,Ed}}}{N_{\text{pl,Rd}}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{\text{pl,Rd,y}}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{\text{pl,Rd,z}}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.748} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{\underline{0.791}} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{\underline{0.443}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{és}imos se producen en el nudo N37, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p^{és}imo.

$$N_{c,Ed} : \underline{\underline{44.96}} \text{ kN}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p^{és}imos, seg^un los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{\underline{193.34}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{\underline{0.00}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la secci3n, seg^un la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

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

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{\underline{1904.05}} \text{ kN}$$

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{\underline{266.88}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{\underline{50.05}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)

A: 3rea de la secci3n bruta.

$$A : \underline{\underline{72.70}} \text{ cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{\underline{1019.00}} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{\underline{191.10}} \text{ cm}^3$$

f_{vd}: Resistencia de c3lculo del acero.

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

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

Siendo:

f_y: L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

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

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacci3n.

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

$$k_y : \underline{\underline{1.07}}$$

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

$$k_z : \underline{\underline{1.00}}$$

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

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

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducci3n por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{\underline{0.26}}$$

$$\chi_z : \underline{\underline{1.00}}$$

λ_y, λ_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relaci3n a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{1.85}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\underline{0.00}}$$

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la secci3n.

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

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

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·Q.

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

$$56.10 \text{ kN} \leq 217.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{56.10}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{435.49}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

Pórtico de fachada:

Perfil: IPE 270						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N68	N55	3.780	45.90	5790.00	419.90	15.94
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		3.780	6.440	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda} : \quad \underline{\underline{1.44}} \quad \checkmark$$

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 : $\underline{\underline{3}}$

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

A : $\underline{\underline{45.90}} \quad \text{cm}^2$

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : $\underline{\underline{609.09}} \quad \text{kN}$

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

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

N_{cr,y} : $\underline{\underline{2893.52}} \quad \text{kN}$

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

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

N_{cr,z} : $\underline{\underline{609.09}} \quad \text{kN}$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{\hspace{10em}} 5790.00 \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{\hspace{10em}} 419.90 \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{10em}} 15.94 \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{10em}} 70580.00 \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{10em}} 210000 \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{10em}} 81000 \text{ MPa}$$

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

$$L_{ky} : \underline{\hspace{10em}} 6.440 \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{\hspace{10em}} 3.780 \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{\hspace{10em}} 0.000 \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{\hspace{10em}} 11.63 \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{\hspace{10em}} 11.23 \text{ cm}$$

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

$$i_z : \underline{\hspace{10em}} 3.02 \text{ cm}$$

$$y_0 : \underline{\hspace{10em}} 0.00 \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{\hspace{10em}} 0.00 \text{ mm}$$

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:

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

$$37.82 \leq 250.57$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>249.60</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>6.60</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>16.47</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	<u>13.77</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:

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

$$\eta : \quad \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	<u>17.99</u> kN
--	--------------	-----------------

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

$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$	$N_{t,Rd}$:	<u>1202.14</u> kN
-----------------------------	--------------	-------------------

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A :	<u>45.90</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>261.90</u> MPa

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>275.00</u> MPa
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo} :	<u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\quad 0.020 \quad} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\quad 0.054 \quad} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 23.67 kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{\quad 1202.14 \quad} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

Clase : 3

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

A : 45.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \quad \underline{\quad 439.30 \quad} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

A : 45.90 cm²

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} :	<u>261.90</u>	MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$			
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>	
χ : Coeficiente de reducción por pandeo.			
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y :	<u>0.87</u>	
Siendo:	χ_z :	<u>0.37</u>	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	φ_y :	<u>0.77</u>	
α : Coeficiente de imperfección elástica.	φ_z :	<u>1.75</u>	
λ̄ : Esbeltez reducida.	α_y :	<u>0.21</u>	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	α_z :	<u>0.34</u>	
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	λ̄_y :	<u>0.66</u>	
N_{cr,y} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	λ̄_z :	<u>1.44</u>	
N_{cr,z} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr} :	<u>609.09</u>	kN
N_{cr,T} : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,y} :	<u>2893.52</u>	kN
	N_{cr,z} :	<u>609.09</u>	kN
	N_{cr,T} :	<u>∞</u>	

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \qquad \underline{0.251} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.210 m del nudo N68, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 31.84 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.210 m del nudo N68, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 28.42 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 126.76 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 484.00 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

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

$$\eta : \quad \underline{0.108} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, 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.

$$M_{Ed}^+ : \quad \underline{2.73} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, 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.

$$M_{Ed}^- : \quad \underline{2.73} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \quad \underline{25.39} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,z} : \quad \underline{96.95} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \quad \underline{0.062} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, 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.

$$V_{Ed} : \underline{\underline{16.81}} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{\underline{269.46}} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\underline{17.82}} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \underline{\underline{270.00}} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\underline{6.60}} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 37.82 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\underline{37.82}}$$

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{\underline{64.71}}$$

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

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.002 ✓

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} : 0.72 kN

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

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

$V_{c,Rd}$: 444.96 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 29.43 cm²

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 45.90 cm²

d : Altura del alma.

d : 249.60 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$2.53 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N68, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.53} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{269.46} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.72 \text{ kN} \leq 222.48 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N68, 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.

$$V_{Ed} : \underline{0.72} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{444.96} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.372} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.225} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.243} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{és}imos se producen en el nudo N68, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p^{és}imo.

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p^{és}imos, seg^un los ejes Y y Z, respectivamente.

Clase: Clase de la secci3n, seg^un la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

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

A: 3rea de la secci3n bruta.

W_{pl,y}, W_{pl,z}: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{vd}: Resistencia de c3lculo del acero.

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

Siendo:

f_y: L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacci3n.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \quad \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \quad \underline{1.06}$$

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

$$C_{m,y} : \quad \underline{0.55}$$

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducci3n por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \quad \underline{0.87}$$

$$\chi_z : \quad \underline{0.37}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.66</u>
	$\bar{\lambda}_z$:	<u>1.44</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 en el nudo N68, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 2.53 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{2.53}{\text{ kN}}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{269.46}{\text{ kN}}$$

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

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

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

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

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

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

Barra N56/N68

Perfil: IPE 270						
Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N56	N68	5.420	45.90	5790.00	419.90	15.94
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		3.794	6.440	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.

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

$\bar{\lambda}$:

1.44



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 :

45.90

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} :

604.60

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} :

2893.52

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} :

604.60

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.

$$I_y : \underline{\hspace{10em}} \quad 5790.00 \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{\hspace{10em}} \quad 419.90 \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{10em}} \quad 15.94 \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{10em}} \quad 70580.00 \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{10em}} \quad 210000 \quad \text{MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{10em}} \quad 81000 \quad \text{MPa}$$

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

$$L_{ky} : \underline{\hspace{10em}} \quad 6.440 \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{\hspace{10em}} \quad 3.794 \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.000 \quad \text{m}$$

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

$$i_0 : \underline{\hspace{10em}} \quad 11.63 \quad \text{cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{\hspace{10em}} \quad 11.23 \quad \text{cm}$$

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

$$i_z : \underline{\hspace{10em}} \quad 3.02 \quad \text{cm}$$

$$y_0 : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.00 \quad \text{mm}$$

$$z_0 : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.00 \quad \text{mm}$$

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:

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

$$37.82 \leq 250.57$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>249.60</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>6.60</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>16.47</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	<u>13.77</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:

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

η :

$$\underline{0.011}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$N_{t,Ed}$:

$$\underline{12.71} \text{ kN}$$

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

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

$N_{t,Rd}$:

$$\underline{1202.14} \text{ kN}$$

Donde:

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

A :

$$\underline{45.90} \text{ cm}^2$$

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.

γ_{Mo} :

$$\underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\quad 0.031 \quad} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\quad 0.084 \quad} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 36.76 kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{\quad 1202.14 \quad} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

Clase : 3

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

A : 45.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \quad \underline{\quad 436.74 \quad} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

A : 45.90 cm²

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} :	<u>261.90</u>	MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$			
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>	
χ : Coeficiente de reducción por pandeo.			
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y :	<u>0.87</u>	
Siendo:	χ_z :	<u>0.36</u>	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	φ_y :	<u>0.77</u>	
α : Coeficiente de imperfección elástica.	φ_z :	<u>1.76</u>	
λ̄ : Esbeltez reducida.	α_y :	<u>0.21</u>	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	α_z :	<u>0.34</u>	
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	λ̄_y :	<u>0.66</u>	
N_{cr,y} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	λ̄_z :	<u>1.44</u>	
N_{cr,z} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr} :	<u>604.60</u>	kN
N_{cr,T} : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,y} :	<u>2893.52</u>	kN
	N_{cr,z} :	<u>604.60</u>	kN
	N_{cr,T} :	<u>∞</u>	

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

Se debe satisfacer:

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

η :

0.499



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.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 51.21 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 63.22 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 126.76 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 484.00 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{\quad 0.108 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, 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.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 2.73 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, 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.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 2.73 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 25.39 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{\quad 96.95 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\quad 0.115 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$V_{Ed} : \quad \underline{\quad 31.00 \quad} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{\quad 269.46 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad \underline{\quad 17.82 \quad} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \quad \underline{\quad 270.00 \quad} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{\quad 6.60 \quad} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

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

$$37.82 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \quad \underline{\quad 37.82 \quad}$$

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \quad \underline{\quad 64.71 \quad}$$

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

ε: Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 235.00 \quad \text{MPa}$$

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

$$f_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 275.00 \quad \text{MPa}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.002 \quad \checkmark$$

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.

$$V_{Ed} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.74 \quad \text{kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 444.96 \quad \text{kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\hspace{2cm}} \quad 29.43 \quad \text{cm}^2$$

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

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{\hspace{2cm}} \quad 45.90 \quad \text{cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{\hspace{2cm}} \quad 249.60 \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\hspace{2cm}} \quad 6.60 \quad \text{mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 261.90 \quad \text{MPa}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 275.00 \quad \text{MPa}$$

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

$$\gamma_{Mo} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 1.05$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 31.00 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{31.00} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{269.46} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.74 \text{ kN} \leq 222.48 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.74} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{444.96} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.540} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.311} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.236} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

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

$$\underline{N_{c,Ed} : 18.88 \text{ kN}}$$

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

$$\underline{M_{y,Ed}^- : 63.22 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{z,Ed}^+ : 0.64 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

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

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

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

$$\underline{N_{pl,Rd} : 1202.14 \text{ kN}}$$

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.

$$\underline{M_{pl,Rd,y} : 126.76 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{pl,Rd,z} : 25.39 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$\underline{A : 45.90 \text{ cm}^2}$$

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

$$\underline{W_{pl,y} : 484.00 \text{ cm}^3}$$

$$\underline{W_{pl,z} : 96.95 \text{ cm}^3}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

$$\underline{k_y : 1.01}$$

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

$$\underline{k_z : 1.06}$$

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

$$\underline{C_{m,y} : 0.55}$$

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

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

$$\underline{\chi_y : 0.87}$$

$$\underline{\chi_z : 0.36}$$

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

$$\underline{\bar{\lambda}_y : 0.66}$$

$$\underline{\bar{\lambda}_z : 1.44}$$

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

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

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

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 $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 31.00 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \frac{31.00}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{269.46}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

Barra N58/N55

Perfil: IPE 270						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N58	N55	6.030	45.90	5790.00	419.90	15.94
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	6.030	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

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

$\bar{\lambda}$:

0.62



Donde:

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

Clase :

3

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

A :

45.90

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} :

3300.45

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} :

3300.45

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.

$$I_y : \underline{\hspace{10em}} 5790.00 \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{\hspace{10em}} 419.90 \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{10em}} 15.94 \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{10em}} 70580.00 \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{10em}} 210000 \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{10em}} 81000 \text{ MPa}$$

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

$$L_{ky} : \underline{\hspace{10em}} 6.030 \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{\hspace{10em}} 0.000 \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{\hspace{10em}} 0.000 \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{\hspace{10em}} 11.63 \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{\hspace{10em}} 11.23 \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{\hspace{10em}} 3.02 \text{ cm}$$

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

$$y_0 : \underline{\hspace{10em}} 0.00 \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{\hspace{10em}} 0.00 \text{ mm}$$

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:

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

$$37.82 \leq 250.57$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>249.60</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>6.60</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>16.47</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	<u>13.77</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:

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

$$\eta : \quad \underline{0.035} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

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

$$N_{t,Ed} : \quad \underline{41.99} \quad \text{kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \quad \underline{1202.14} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

$$A : \quad \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.026} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.030} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \quad \underline{31.52} \quad \text{kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{1202.14} \quad \text{kN}$$

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.

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

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

$$A : \quad \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \quad \underline{1061.34} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

$$A : \quad \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

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>	
χ : Coeficiente de reducción por pandeo.			
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y :	<u>0.88</u>	
Siendo:			
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	φ_y :	<u>0.74</u>	
α : Coeficiente de imperfección elástica.	α_y :	<u>0.21</u>	
λ̄ : Esbeltez reducida.			
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	λ̄_y :	<u>0.62</u>	
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} :	<u>3300.45</u>	kN
N_{cr,y} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} :	<u>3300.45</u>	kN
N_{cr,z} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} :	<u>∞</u>	
N_{cr,T} : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} :	<u>∞</u>	

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

Se debe satisfacer:

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

η :

0.079



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 9.63 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 10.07 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 126.76 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 484.00 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

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

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, 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.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.50 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones
0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.66 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 25.39 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{\quad 96.95 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\quad 0.032 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$V_{Ed} : \underline{\quad 8.49 \quad} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 269.46 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 17.82 \quad} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{\quad 270.00 \quad} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 6.60 \quad} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 37.82 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 37.82 \quad}$$

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

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

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

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

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{\quad 0.64 \quad} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 444.96 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 29.43 \quad} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{\quad 45.90 \quad} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{\quad 249.60 \quad} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 6.60 \quad} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 8.49 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{8.49} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{269.46} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.64 \text{ kN} \leq 222.48 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{0.64} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{444.96} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.122} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.118} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.092} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \quad \underline{31.52} \quad \text{kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \quad \underline{9.63} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \quad \underline{0.50} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \quad \underline{1202.14} \quad \text{kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \quad \underline{126.76} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \quad \underline{25.39} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \quad \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \quad \underline{484.00} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \quad \underline{96.95} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

$$k_y : \quad \underline{1.01}$$

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

$$k_z : \quad \underline{1.00}$$

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

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

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

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

$$\chi_y : \quad \underline{0.88}$$

$$\chi_z : \quad \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \quad \underline{0.62}$$

$$\bar{\lambda}_z : \quad \underline{0.00}$$

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

$$\alpha_y : \frac{0.60}{1}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{1}$$

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.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 8.49 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \frac{8.49}{1} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{269.46}{1} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

Barra N52/N58

Perfil: IPE 270						
Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N52	N58	6.030	45.90	5790.00	419.90	15.94
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	6.030	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

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

$\bar{\lambda}$:

0.62



Donde:

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

Clase :

3

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

A :

45.90

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} :

3300.45

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} :

3300.45

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.

$$I_y : \underline{\hspace{10em}} \quad 5790.00 \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{\hspace{10em}} \quad 419.90 \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{10em}} \quad 15.94 \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{10em}} \quad 70580.00 \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{10em}} \quad 210000 \quad \text{MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{10em}} \quad 81000 \quad \text{MPa}$$

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

$$L_{ky} : \underline{\hspace{10em}} \quad 6.030 \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.000 \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.000 \quad \text{m}$$

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

$$i_0 : \underline{\hspace{10em}} \quad 11.63 \quad \text{cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{\hspace{10em}} \quad 11.23 \quad \text{cm}$$

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

$$i_z : \underline{\hspace{10em}} \quad 3.02 \quad \text{cm}$$

$$y_0 : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.00 \quad \text{mm}$$

$$z_0 : \underline{\hspace{10em}} \quad 0.00 \quad \text{mm}$$

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:

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

$$37.82 \leq 250.57$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>249.60</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>6.60</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>16.47</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	<u>13.77</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:

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

η :

$$\underline{0.003}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$N_{t,Ed}$:

$$\underline{3.56} \text{ kN}$$

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

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

$N_{t,Rd}$:

$$\underline{1202.14} \text{ kN}$$

Donde:

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

A :

$$\underline{45.90} \text{ cm}^2$$

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.

γ_{Mo} :

$$\underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\quad 0.002 \quad} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\quad 0.002 \quad} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \quad \underline{\quad 2.15 \quad} \quad \text{kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{\quad 1202.14 \quad} \quad \text{kN}$$

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.

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

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

$$A : \quad \underline{\quad 45.90 \quad} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \quad \underline{\quad 1061.34 \quad} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

$$A : \quad \underline{\quad 45.90 \quad} \quad \text{cm}^2$$

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>	
χ : Coeficiente de reducción por pandeo.			
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y :	<u>0.88</u>	
Siendo:			
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	φ_y :	<u>0.74</u>	
α : Coeficiente de imperfección elástica.	α_y :	<u>0.21</u>	
λ̄ : Esbeltez reducida.			
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	λ̄_y :	<u>0.62</u>	
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} :	<u>3300.45</u>	kN
N_{cr,y} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} :	<u>3300.45</u>	kN
N_{cr,z} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} :	<u>∞</u>	
N_{cr,T} : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} :	<u>∞</u>	

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

Se debe satisfacer:

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

η :

0.079



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 9.63 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 10.07 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 126.76 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 484.00 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

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

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, 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.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.50 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones
0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.66 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 25.39 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{\quad 96.95 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\quad 0.035 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$V_{Ed} : \underline{\quad 9.56 \quad} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 269.46 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 17.82 \quad} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{\quad 270.00 \quad} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 6.60 \quad} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

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

$$37.82 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 37.82 \quad}$$

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

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

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

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

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

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}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 0.59 \quad} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 444.96 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 29.43 \quad} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{\quad 45.90 \quad} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{\quad 249.60 \quad} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 6.60 \quad} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$5.57 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.301 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.57} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{269.46} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.48 \text{ kN} \leq 222.48 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.301 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.48} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{444.96} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta :$

$$\underline{0.098}$$



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

 $\eta :$ 0.093

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo p^{ésimo}.

N_{t,Ed} :3.20 kN

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

M_{y,Ed}⁺ :9.63 kN·m**M_{z,Ed}⁺ :**0.50 kN·m

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

Clase :1

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

N_{pl,Rd} :1202.14 kN

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

M_{pl,Rd,y} :126.76 kN·m**M_{pl,Rd,z} :**25.39 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

M_{ef,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo p^{ésimo}.

M_{ef,Ed} :9.36 kN·m

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

σ_{com,Ed} :19.34 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} :484.00 cm³

A: Área de la sección bruta.

A :45.90 cm²

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

M_{b,Rd,y} :126.76 kN·m

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

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo p^{ésimo} **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 0.301 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 5.57 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \frac{5.57}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{269.46}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

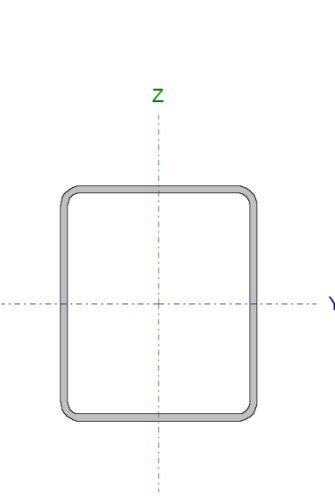
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

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

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

Arriostramiento lateral:

Perfil: # 120x100x4							
Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N71	N76	5.000	16.40	342.57	259.07	479.46	
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	5.000	5.000	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.

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

$\bar{\lambda}$:

1.45



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 :

16.40

cm²

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

f_y :

275.00

MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} :

214.78

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} :

284.01

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} :

214.78

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.

$$I_y : \quad \underline{\quad 342.57 \quad} \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \quad \underline{\quad 259.07 \quad} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \quad \underline{\quad 479.46 \quad} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \quad \underline{\quad 0.00 \quad} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \quad \underline{\quad 5.000 \quad} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \quad \underline{\quad 5.000 \quad} \quad \text{m}$$

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

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

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

$$i_0 : \quad \underline{\quad 6.06 \quad} \quad \text{cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \quad \underline{\quad 4.57 \quad} \quad \text{cm}$$

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

$$i_z : \quad \underline{\quad 3.97 \quad} \quad \text{cm}$$

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

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

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:

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

$$28.00 \leq 342.87$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>112.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>4.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>8.96</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	<u>4.00</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	<u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E :	<u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	<u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.063} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.189} \quad \checkmark$$

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

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$:	<u>26.91</u> kN
--	--------------	-----------------

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

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$	$N_{c,Rd}$:	<u>429.46</u> kN
-----------------------------	--------------	------------------

Donde:

Clase : Clase de la sección, según la	Clase :	<u>1</u>
--	----------------	----------

capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

A :	<u>16.40</u>	cm ²
f_{yd} :	<u>261.90</u>	MPa
f_y :	<u>275.00</u>	MPa
γ_{M0} :	<u>1.05</u>	

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} :	<u>142.43</u>	kN
---------------------------	---------------	----

Donde:

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

A :	<u>16.40</u>	cm ²
f_{yd} :	<u>261.90</u>	MPa
f_y :	<u>275.00</u>	MPa
γ_{M1} :	<u>1.05</u>	

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

Siendo:

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

α: Coeficiente de imperfección elástica.

λ̄: Esbeltez reducida.

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

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

χ_y :	<u>0.41</u>	
χ_z :	<u>0.33</u>	
φ_y :	<u>1.55</u>	
φ_z :	<u>1.86</u>	
α_y :	<u>0.49</u>	
α_z :	<u>0.49</u>	
λ̄_y :	<u>1.26</u>	
λ̄_z :	<u>1.45</u>	
N_{cr} :	<u>214.78</u>	kN

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

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{\hspace{2cm} 284.01 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm} 214.78 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\hspace{2cm} \infty \hspace{2cm}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\hspace{2cm} 0.035 \hspace{2cm}} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

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

$$\mathbf{M}_{Ed}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.11 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$\mathbf{M}_{Ed}^- : \underline{\hspace{2cm} 0.65 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M}_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{M}_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm} 18.72 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\mathbf{Clase} : \underline{\hspace{2cm} 1 \hspace{2cm}}$$

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

$$\mathbf{W}_{pl,y} : \underline{\hspace{2cm} 71.49 \hspace{2cm}} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{\hspace{2cm} 261.90 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{\quad 0.055 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N71, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.37 \quad} \text{ kN·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.91 \quad} \text{ kN·m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 16.50 \quad} \text{ kN·m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{\quad 63.01 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \quad \underline{0.55} \quad \text{kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{135.48} \quad \text{kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

$$A_v : \quad \underline{8.96} \quad \text{cm}^2$$

$$d : \quad \underline{112.00} \quad \text{mm}$$

$$t_w : \quad \underline{4.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

$$\gamma_{Mo} : \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{1.05}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{28.00} < \mathbf{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{28.00}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x}: \text{Esbeltez m\acute{a}xima.} \quad \lambda_{m\acute{a}x} : \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{64.71}$$

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

$$\varepsilon: \text{Factor de reducci\acute{o}n.} \quad \varepsilon : \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{0.92}$$

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

Siendo:

$$f_{ref}: \text{L\acute{i}mite el\acute{a}stico de referencia.} \quad f_{ref} : \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_y: \text{L\acute{i}mite el\acute{a}stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de c\`alculo p\`esimo se produce para la combinaci\`on de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI).$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c\`alculo p\`esimo.

$$V_{Ed} : \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{0.20} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{\underline{112.47}} \quad \text{kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad \underline{\underline{7.44}} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \quad \underline{\underline{16.40}} \quad \text{cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \quad \underline{\underline{112.00}} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{\underline{4.00}} \quad \text{mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

$$\frac{b}{t_r} < 70 \cdot \varepsilon \quad 25.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \quad \underline{\underline{25.00}}$$

$$\lambda_w = \frac{b}{t_r}$$

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \quad \underline{\underline{64.71}}$$

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

ε: Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

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

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.55 \text{ kN} \leq 67.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{0.55} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{135.48} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.20 \text{ kN} \leq 56.23 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

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

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{112.47} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.089} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.174} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \quad \underline{0.217} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{és}imos se producen en el nudo N71, para la combinaci3n de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p^{és}imo.

$$N_{c,Ed} : \quad \underline{26.91} \quad \text{kN}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p^{és}imos, seg^un los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \quad \underline{0.07} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \quad \underline{0.37} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la secci3n, seg^un la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

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

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

$$N_{pl,Rd} : \quad \underline{429.46} \quad \text{kN}$$

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \quad \underline{18.72} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \quad \underline{16.50} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

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

A: 3rea de la secci3n bruta.

$$A : \quad \underline{16.40} \quad \text{cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \quad \underline{71.49} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \quad \underline{63.01} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de c3lculo del acero.

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

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

Siendo:

f_y: L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

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

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacci3n.

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

$$k_y : \quad \underline{1.12}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \quad \underline{1.15}$$

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

$$C_{m,y} : \quad \underline{0.95}$$

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducci3n por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \quad \underline{0.41}$$

$$\chi_z : \quad \underline{0.33}$$

λ_y, λ_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relaci3n a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \quad \underline{1.26}$$

$$\bar{\lambda}_z : \quad \underline{1.45}$$

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la secci3n.

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

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

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(270°)H1+0.75·N(EI).

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

$$0.55 \text{ kN} \leq 66.78 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \frac{0.55}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{133.57}{\quad} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

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

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

$$M_{T,Ed} : \frac{0.19}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : \frac{13.47}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{89.06}{\quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

 γ_{Mo} :1.05

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

Se debe satisfacer:

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

 η :0.003

Los esfuerzos solicitantes de cálculo
pésimos se producen en el nudo N71,
para la combinación de acciones
1.35·PP+1.5·Q.

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

 V_{Ed} :0.45 kN

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

 $M_{T,Ed}$:0.19 kN·m

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

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

 $V_{pl,T,Rd}$:133.57 kN

Donde:

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

 $V_{pl,Rd}$:135.48 kN

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

 $\tau_{T,Ed}$:2.14 MPa

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

Siendo:

W_T : Módulo de
resistencia a torsión.

 W_T :89.09 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 cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

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

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

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

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

$$V_{Ed} : \quad \underline{0.10} \quad \text{kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \quad \underline{0.19} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \quad \underline{110.88} \quad \text{kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \quad \underline{112.47} \quad \text{kN}$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \quad \underline{2.14} \quad \text{MPa}$$

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \quad \underline{89.09} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Perfil: L 75 x 75 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)	
N1	N76	7.374	8.73	45.57	45.57	26.83	1.04	17.10	-17.10	-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.

A: $\underline{8.73}$ cm²

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

f_y: $\underline{275.00}$ MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta :$ $\underline{0.173}$ ✓

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

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

$$N_{t,Ed} : \underline{\quad 39.49 \quad} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{\quad 228.64 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{\quad 8.73 \quad} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N76/N2

Perfil: L 60 x 60 x 5 Material: Acero (S275)											
Nudos		Longitud d (m)	Características mecánicas								
Inicia I	Fina I		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)	
N76	N2	5.626	5.82	19.37	19.37	11.40	0.48	13.60	-13.60	-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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : $\underline{5.82}$ cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : $\underline{275.00}$ MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : $\underline{\infty}$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.123} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{\quad 18.68 \quad} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{\quad 152.43 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{\quad 5.82 \quad} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico.
(CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Perfil: IPN 160 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N7	N12	5.000	22.80	935.00	54.70	6.57
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		0.50	0.50	0.00	0.00	
L _k		2.500	2.500	0.000	0.000	
C _m		0.950	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$:

1.86



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 :

22.80

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} :

181.40

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} :

3100.63

kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} :

181.40

kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

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.

N_{cr,T} :	∞	
I_y :	935.00	cm ⁴
I_z :	54.70	cm ⁴
I_t :	6.57	cm ⁴
I_w :	3140.00	cm ⁶
E :	210000	MPa
G :	81000	MPa
L_{ky} :	2.500	m
L_{kz} :	2.500	m
L_{kt} :	0.000	m
i₀ :	6.59	cm
i_y :	6.40	cm
i_z :	1.55	cm
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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$22.38 \leq 257.52$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>141.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>6.30</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>8.88</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} :	<u>7.03</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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η :

$$\underline{0.049}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{29.55} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{597.14} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{22.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico.
(CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{Mo}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\quad 0.012 \quad} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\quad 0.049 \quad} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(R)2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 6.91 kN

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{\quad 597.14 \quad} \quad \text{kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 22.80 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \quad \underline{\quad 142.27 \quad} \quad \text{kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

A :	<u>22.80</u>	cm ²
f_{vd} :	<u>261.90</u>	MPa

f_y :	<u>275.00</u>	MPa
------------------------	---------------	-----

γ_{M1} :	<u>1.05</u>	
-------------------------	-------------	--

χ_y :	<u>0.94</u>	
------------------------	-------------	--

χ_z :	<u>0.24</u>	
------------------------	-------------	--

φ_y :	<u>0.63</u>	
------------------------	-------------	--

φ_z :	<u>2.51</u>	
------------------------	-------------	--

α_y :	<u>0.21</u>	
------------------------	-------------	--

α_z :	<u>0.34</u>	
------------------------	-------------	--

λ̄_y :	<u>0.45</u>	
-------------------------	-------------	--

λ̄_z :	<u>1.86</u>	
-------------------------	-------------	--

N_{cr} :	<u>181.40</u>	kN
-------------------------	---------------	----

N_{cr,y} :	<u>3100.63</u>	kN
---------------------------	----------------	----

N_{cr,z} :	<u>181.40</u>	kN
---------------------------	---------------	----

N_{cr,T} :	<u>∞</u>	
---------------------------	----------	--

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η :	<u>0.021</u>	✓
------------	--------------	---

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.74 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 35.62 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 136.00 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad \underline{0.59} \quad \text{kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{152.42} \quad \text{kN}$$

Donde:

A_V: Área transversal a cortante.

$$A_V : \quad \underline{10.08} \quad \text{cm}^2$$

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \quad \underline{160.00} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{6.30} \quad \text{mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{261.90} \quad \text{MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{275.00} \quad \text{MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$22.38 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \quad \underline{22.38}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \quad \underline{64.71}$$

$$\lambda_{\max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{\text{Ed}} \leq \frac{V_{\text{c,Rd}}}{2}$$

$$0.52 \text{ kN} \leq 76.21 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.52 kN

$V_{\text{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{\text{c,Rd}}$: 152.42 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,\text{Ed}}}{N_{\text{pl,Rd}}} + \frac{M_{y,\text{Ed}}}{M_{\text{pl,Rd},y}} + \frac{M_{z,\text{Ed}}}{M_{\text{pl,Rd},z}} \leq 1$$

η : 0.070

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$\eta <$

0.001

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

Donde:

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 29.55

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{y,Ed}⁺ : 0.74

M_{z,Ed}⁺ : 0.00

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

N_{pl,Rd} : 597.14

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} : 35.62

M_{pl,Rd,z} : 6.52

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

M_{ef,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{ef,Ed} : 0.00

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

σ_{com,Ed} : 0.00

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A} < 0 \rightarrow \sigma_{com,Ed} = 0$$

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

W_{y,com} : 136.00

A: Área de la sección bruta.

A : 22.80

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

M_{b,Rd,y} : 35.62

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 0.313 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

0.52 kN ≤ 76.21 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo
pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.52}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{152.42}{\quad} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Arriostramiento cubierta

Perfil: Ø 90x3						
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)
N2	N7	5.000	8.20	77.67	77.67	155.34
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		5.000	5.000	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$:

1.87



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 :

8.20

cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y :

275.00

MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} :

64.39

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} :

64.39

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} :

64.39

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.

$$I_y : \quad \underline{\quad 77.67 \quad} \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \quad \underline{\quad 77.67 \quad} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \quad \underline{\quad 155.34 \quad} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \quad \underline{\quad 0.00 \quad} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \quad \underline{\quad 210000 \quad} \quad \text{MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \quad \underline{\quad 81000 \quad} \quad \text{MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \quad \underline{\quad 5.000 \quad} \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \quad \underline{\quad 5.000 \quad} \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \quad \underline{\quad 0.000 \quad} \quad \text{m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \quad \underline{\quad 4.35 \quad} \quad \text{cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \quad \underline{\quad 3.08 \quad} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \quad \underline{\quad 3.08 \quad} \quad \text{cm}$$

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \quad \underline{\quad 0.00 \quad} \quad \text{mm}$$

$$z_0 : \quad \underline{\quad 0.00 \quad} \quad \text{mm}$$

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 :

0.015



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \quad \underline{\quad 3.21 \quad} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \quad \underline{\quad 214.75 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \quad \underline{\quad 8.20 \quad} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \quad \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \quad \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{Mo}} : \quad \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{\quad 0.073 \quad} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{\quad 0.333 \quad} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \quad \underline{\quad 15.72 \quad} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$	$N_{c,Rd} :$	<u>214.75</u>	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 :	<u>1</u>	
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A :	<u>8.20</u>	cm ²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>261.90</u>	MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$			
Siendo:			
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>275.00</u>	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	<u>1.05</u>	

Resistencia a 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:

$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$	$N_{b,Rd} :$	<u>47.18</u>	kN
Donde:			
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A :	<u>8.20</u>	cm ²
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>	
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.			
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y :	<u>0.22</u>	
	χ_z :	<u>0.22</u>	
Siendo:			
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	φ_y :	<u>2.66</u>	
	φ_z :	<u>2.66</u>	
α: Coeficiente de imperfección elástica.	α_y :	<u>0.49</u>	
	α_z :	<u>0.49</u>	
λ̄: Esbeltez reducida.			
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	λ̄_y :	<u>1.87</u>	
	λ̄_z :	<u>1.87</u>	

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.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\hspace{2cm} 64.39 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{\hspace{2cm} 64.39 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm} 64.39 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\hspace{2cm} \infty \hspace{2cm}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\hspace{2cm} 0.045 \hspace{2cm}} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{Ed}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.27 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{Ed}^- : \underline{\hspace{2cm} 0.00 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{M}_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{M}_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm} 5.95 \hspace{2cm}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\mathbf{Clase} : \underline{\hspace{2cm} 1 \hspace{2cm}}$$

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W}_{pl,y} : \underline{\hspace{2cm} 22.72 \hspace{2cm}} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{\hspace{2cm} 261.90 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico.
(CTE DB SE-A, Tabla
4.1)

$$f_y : \underline{\hspace{2cm} 275.00 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente
parcial de seguridad
del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\hspace{2cm} 1.05 \hspace{2cm}}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\hspace{2cm} 0.003 \hspace{2cm}} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\hspace{2cm} 0.21 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm} 78.93 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\hspace{2cm} 5.22 \hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 \cdot A / \pi$$

Siendo:

A : Área de la sección
bruta.

$$A : \underline{\hspace{2cm} 8.20 \hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\hspace{2cm} 261.90 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico.
(CTE DB SE-A, Tabla
4.1)

$$f_y : \underline{\hspace{2cm} 275.00 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial
de seguridad del
material.

γ_{Mo} :

1.05

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.19 \text{ kN} \leq 39.47 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.19 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 78.93 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.118} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.387} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.365} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

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.

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

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.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \quad \underline{1.27}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \quad \underline{1.27}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la

$$N_{c,Ed} : \quad \underline{15.72} \quad \text{kN}$$

$$M_{y,Ed}^+ : \quad \underline{0.27} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \quad \underline{0.00} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase} : \quad \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd} : \quad \underline{214.75} \quad \text{kN}$$

$$M_{pl,Rd,y} : \quad \underline{5.95} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \quad \underline{5.95} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$A : \quad \underline{8.20} \quad \text{cm}^2$$

$$W_{pl,y} : \quad \underline{22.72} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \quad \underline{22.72} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{vd} : \quad \underline{261.90} \quad \text{MPa}$$

$$f_y : \quad \underline{275.00} \quad \text{MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \quad \underline{1.05}$$

$$C_{m,y} : \quad \underline{0.95}$$

$$C_{m,z} : \quad \underline{1.00}$$

$$\chi_y : \quad \underline{0.22}$$

$$\chi_z : \quad \underline{0.22}$$

$$\bar{\lambda}_y : \quad \underline{1.87}$$

$$\bar{\lambda}_z : \quad \underline{1.87}$$

$$\alpha_y : \quad \underline{0.60}$$

sección.

 α_z :0.60**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.19 \text{ kN} \leq 39.47 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.19}{\text{ kN}}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{78.93}{\text{ kN}}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

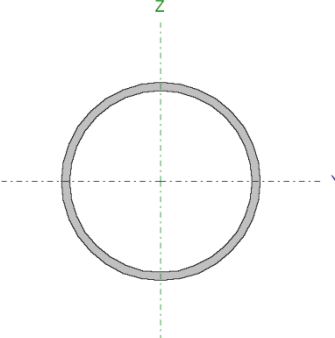
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.1.3.- Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N7/N63

Perfil: Ø 175x8 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)	
N7	N63	7.833	41.97	1466.54	1466.54	2933.09	
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	7.833	7.833	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$:

1.53



Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase :

1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A :

41.97

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} :

495.37

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} :

495.37

kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} :

495.37

kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

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.

N_{cr,T} :	∞	
I_y :	1466.54	cm ⁴
I_z :	1466.54	cm ⁴
I_t :	2933.09	cm ⁴
I_w :	0.00	cm ⁶
E :	210000	MPa
G :	81000	MPa
L_{ky} :	7.833	m
L_{kz} :	7.833	m
L_{kt} :	0.000	m
i₀ :	8.36	cm
i_y :	5.91	cm
i_z :	5.91	cm
y₀ :	0.00	mm
z₀ :	0.00	mm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.036} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N63, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **N_{t,Ed}** : 39.74 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : \quad \underline{1099.26} \quad \text{kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : 41.97 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 compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.032} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.106} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 35.62 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : \underline{\underline{1099.26}} \text{ kN}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{\underline{1}}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\underline{41.97}} \text{ cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \qquad N_{b,Rd} : \underline{\underline{336.50}} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\underline{41.97}} \text{ cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{\underline{0.31}}$$

$$\chi_z : \underline{\underline{0.31}}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{\underline{1.99}}$$

$$\phi_z : \underline{\underline{1.99}}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.49}}$$

$$\alpha_z : \underline{\underline{0.49}}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{1.53}}$$

	$\bar{\lambda}_z$:	<u>1.53</u>	
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} :	<u>495.37</u>	kN
N_{cr,z} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,y} :	<u>495.37</u>	kN
N_{cr,T} : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,z} :	<u>495.37</u>	kN
	N_{cr,T} :	<u>∞</u>	

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η :	<u>0.057</u>	✓
----------	--------------	---

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.917 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ :	<u>3.34</u>	kN·m
-------------------------------------	-------------	------

Para flexión negativa:

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ :	<u>0.00</u>	kN·m
-------------------------------------	-------------	------

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

M_{c,Rd} :	<u>58.48</u>	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 :	<u>1</u>
----------------	----------

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,y} :	<u>223.28</u>	cm ³
---------------------------	---------------	-----------------

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} :	<u>261.90</u>	MPa
-------------------------	---------------	-----

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico.
(CTE DB SE-A, Tabla
4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente
parcial de seguridad
del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.004 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo
se produce en el nudo N7, para la
combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de
cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 1.70 \quad} \text{ kN}$$

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo
 $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 404.04 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 26.72 \quad} \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 \cdot A / \pi$$

Siendo:

A : Área de la sección
bruta.

$$A : \underline{\quad 41.97 \quad} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del
acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>275.00</u> MPa
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo} :	<u>1.05</u>

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.49 \text{ kN} \leq 202.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.490 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{1.49} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{404.04} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.089} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.163} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.139} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen en un punto situado a una distancia de 3.917 m del nudo N7, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p^simo.

$$N_{c,Ed} : \quad \underline{34.96} \quad \text{kN}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p^simos, seg^un los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{v,Ed}^+ : \quad \underline{3.34} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \quad \underline{0.00} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la secci3n, seg^un la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

$$\text{Clase} : \quad \underline{1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

$$N_{pl,Rd} : \quad \underline{1099.26} \quad \text{kN}$$

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \quad \underline{58.48} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \quad \underline{58.48} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Articulo 6.3.4.2)

A: 3rea de la secci3n bruta.

$$A : \quad \underline{41.97} \quad \text{cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,v} : \quad \underline{223.28} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \quad \underline{223.28} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de c3lculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{261.90} \quad \text{MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \quad \underline{275.00} \quad \text{MPa}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \quad \underline{1.05}$$

k_v, k_z: Coeficientes de interacci3n.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_v : \quad \underline{1.08}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \quad \underline{1.08}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \quad \underline{0.95}$$

$$C_{m,z} : \quad \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducci3n por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \quad \underline{0.31}$$

$$\chi_z : \quad \underline{0.31}$$

λ_y, λ_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores

$$\bar{\lambda}_y : \quad \underline{1.53}$$

que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\bar{\lambda}_z$:	<u>1.53</u>
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 en un punto situado a una distancia de 0.490 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 1.49 \text{ kN} \leq 202.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$:	<u>1.49</u>	kN
$V_{c,Rd,z}$:	<u>404.04</u>	kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

En Valencia, a 13 de junio de 2014

Fdo: La alumna

MIREIA FALOMIR ESTARELLES

PROYECTO ESTRUCTURAL Y DE INSTALACIONES DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1200 m² SITUADO EN PICASSENT

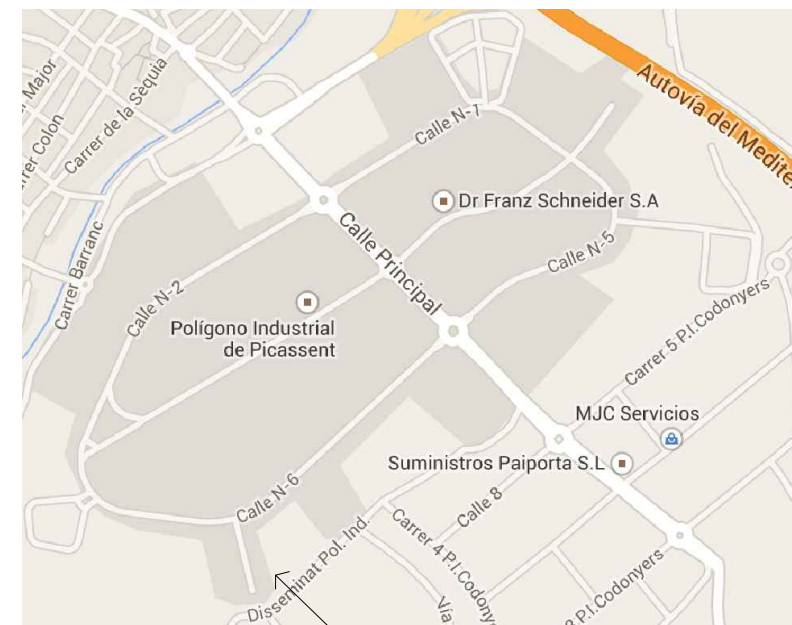
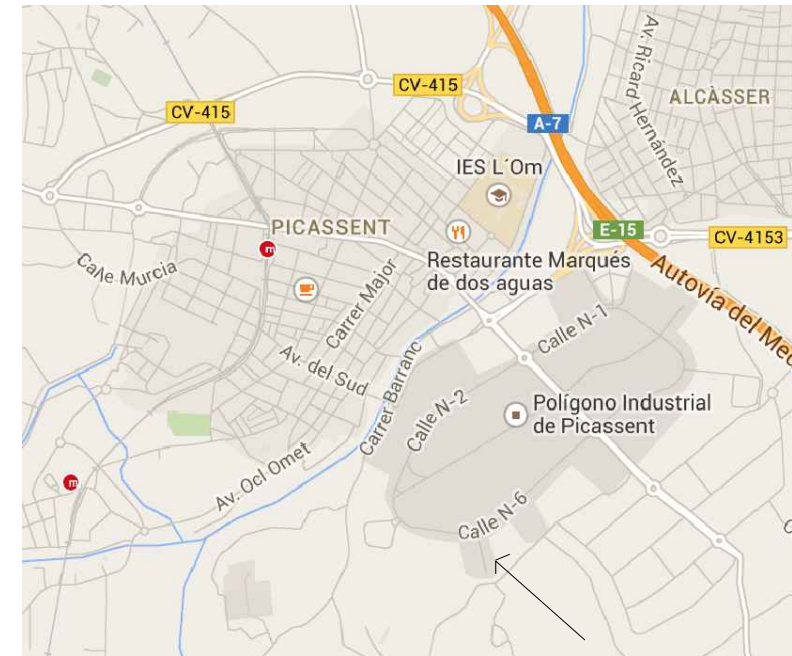
DOCUMENTO 2. PLANOS.

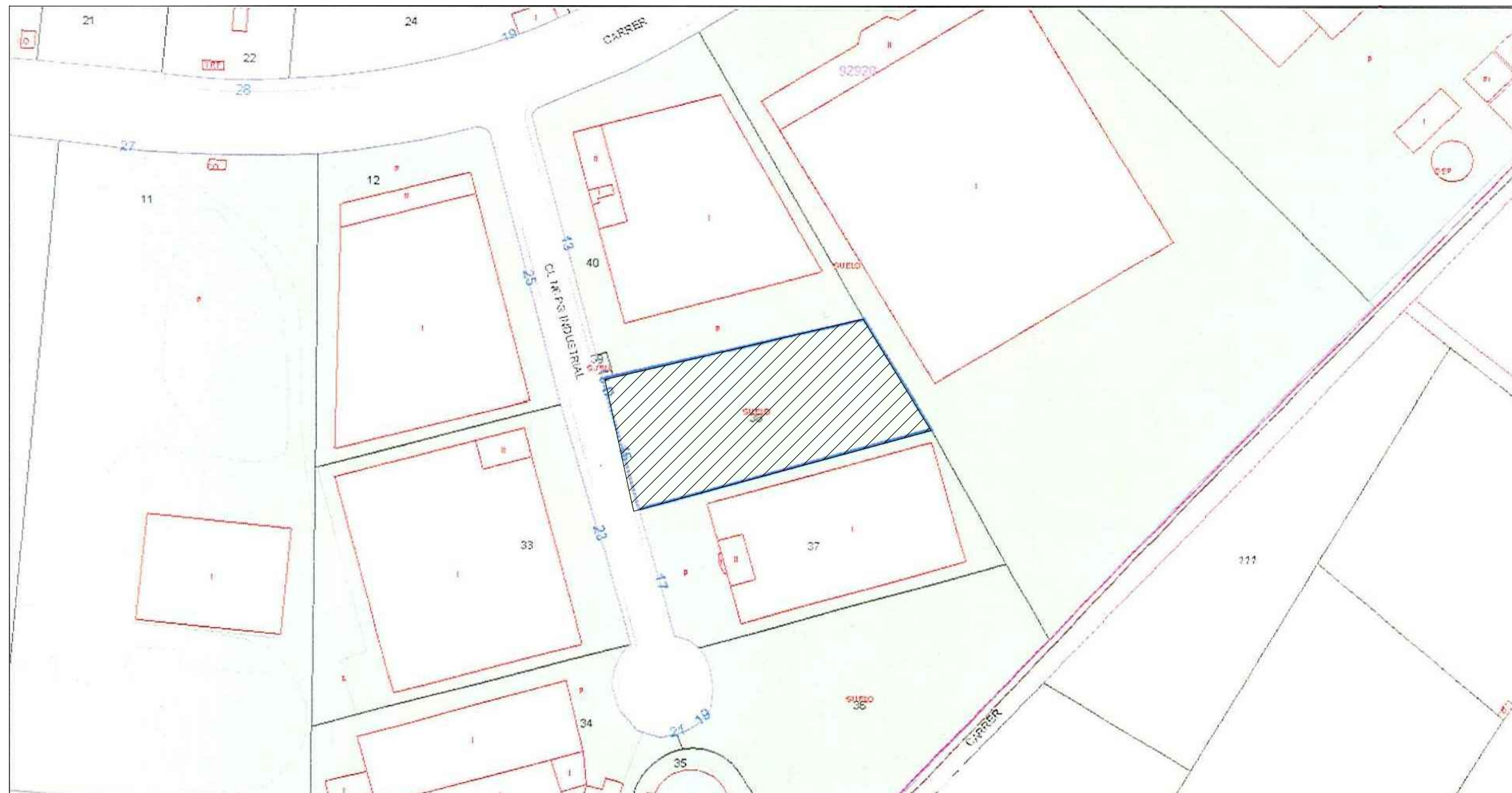
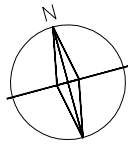
ÍNDICE

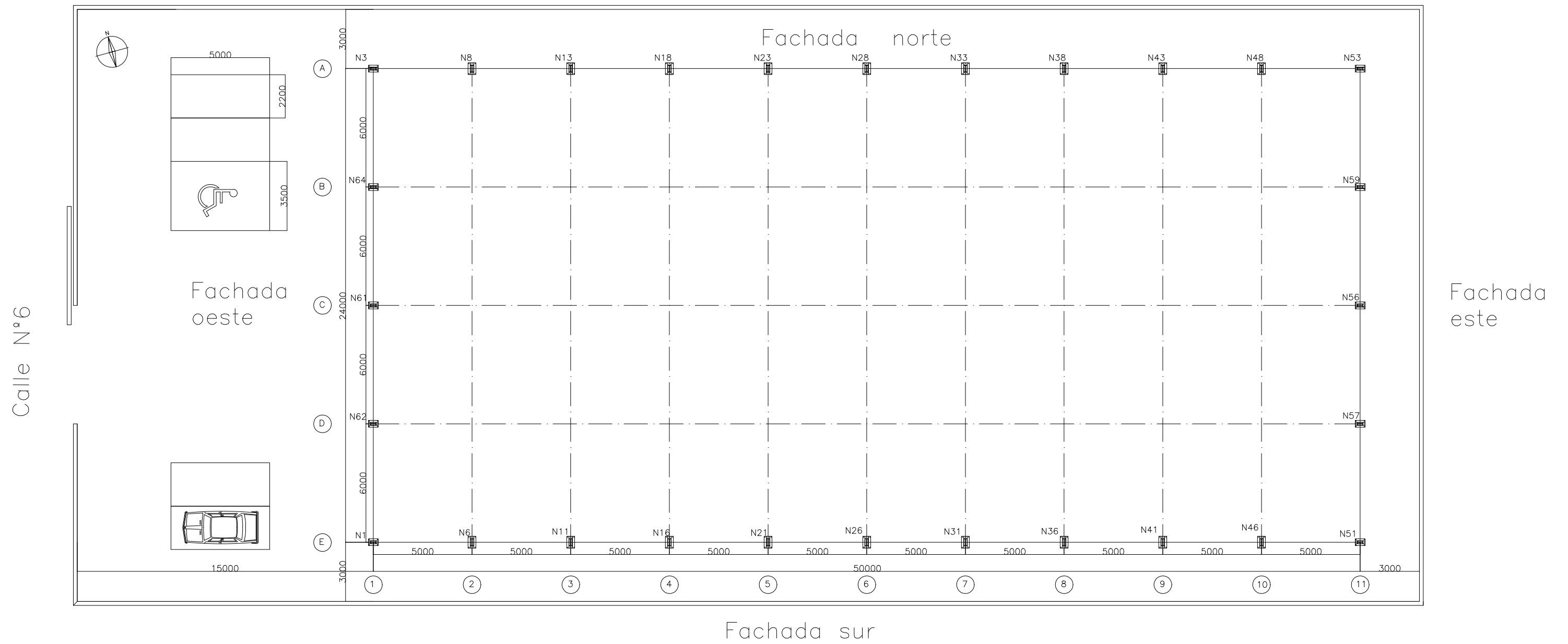
1	LOCALIZACIÓN	1
2	SITUACIÓN POLÍGONO.....	2
3	EMPLAZAMIENTO PARCELA.....	3
4	REPLANTEO.....	4
5	CIMENTACIÓN	
5.1	Cimentación.....	5.1
5.2	Cimentación detalles	5.2
6	ESTRUCTURA	
6.1	Estructura fachada frontal.....	6.1
6.2	Estructura pórtico interior.....	6.2
6.3	Estructura cubierta.....	6.3
6.4	Estructura fachadas laterales.....	6.4
7	3D	
7.1	Numeración nudos y barras.....	7.1
8	CERRAMIENTOS	
8.1	Cerramiento fachadas laterales.....	8.1
8.2	Cerramiento fachada frontal y trasera.....	8.2
8.3	Cerramiento cubierta.....	8.3
9	SECTORIZACIÓN.....	9
10	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	10

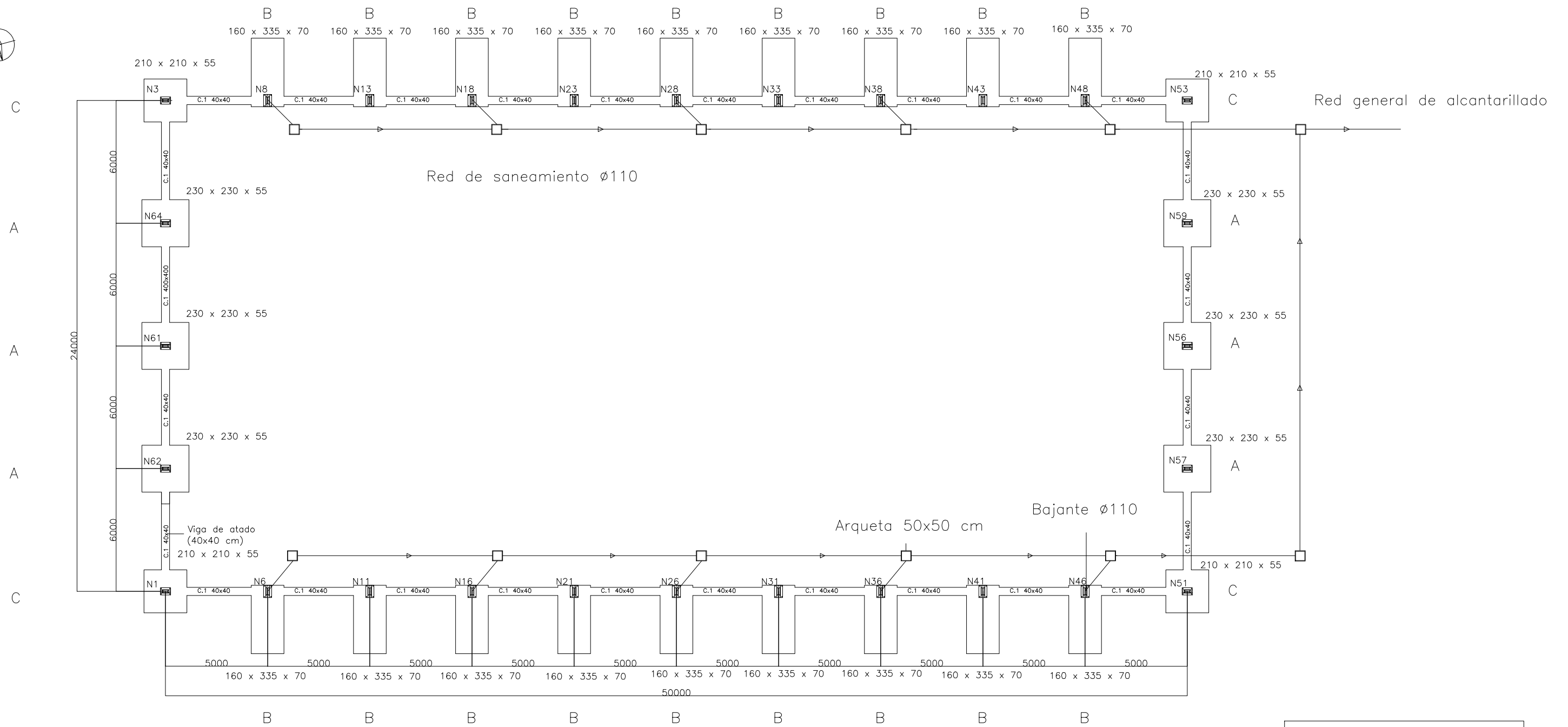


11	EVACUACIÓN.....	11
12	INSTALACIONES.....	12





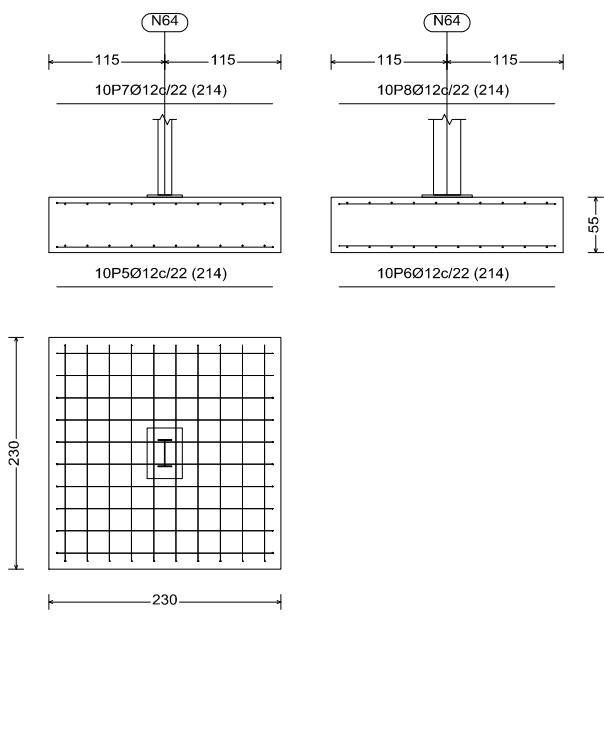




Cotas en mm excepto dimensiones de cimentación (zapatas y vigas de atado) y arquetas que están en cm

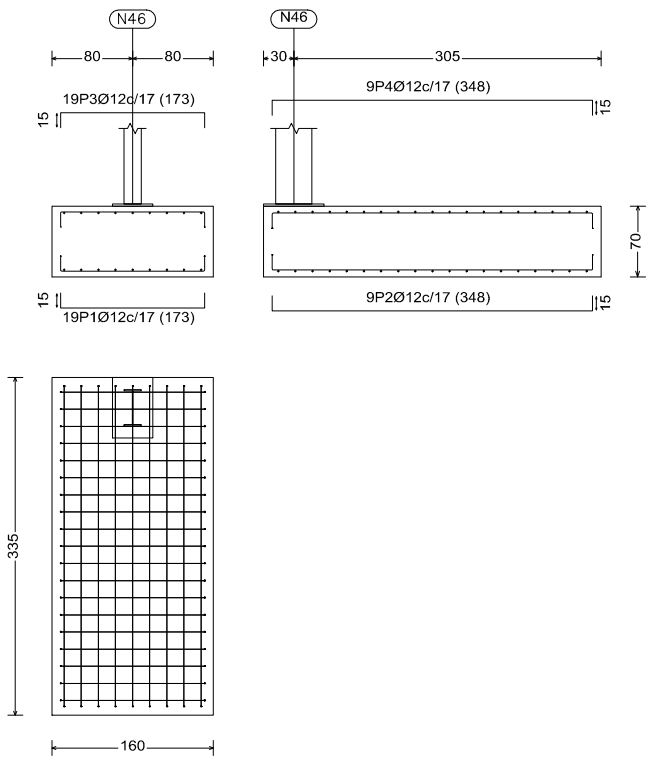
Tipo A

N64, N61, N62, N59, N56 Y N57



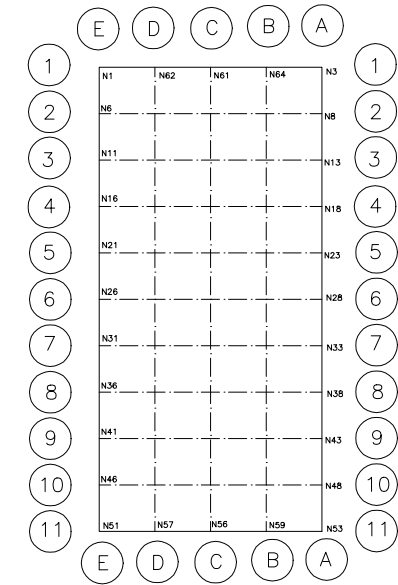
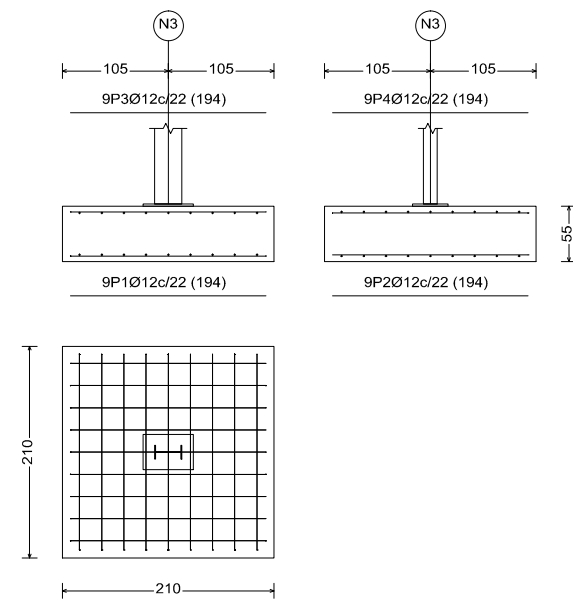
Tipo B

N8, N13, N23, N18, N28, N33, N38, N43 y N48
N46, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y N6

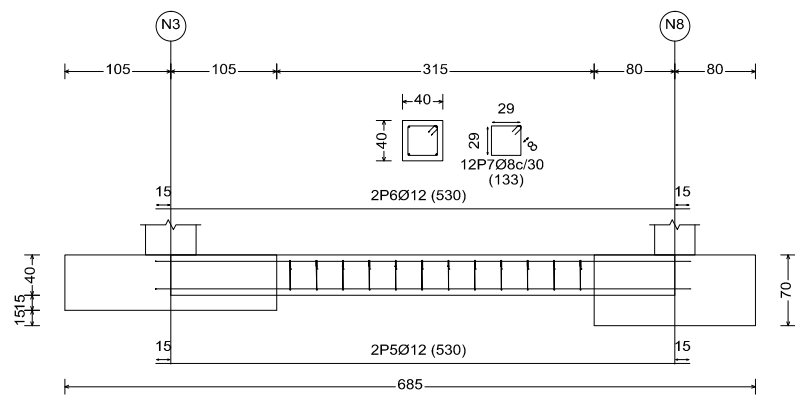


Tipo C

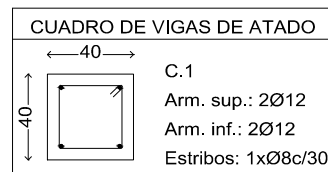
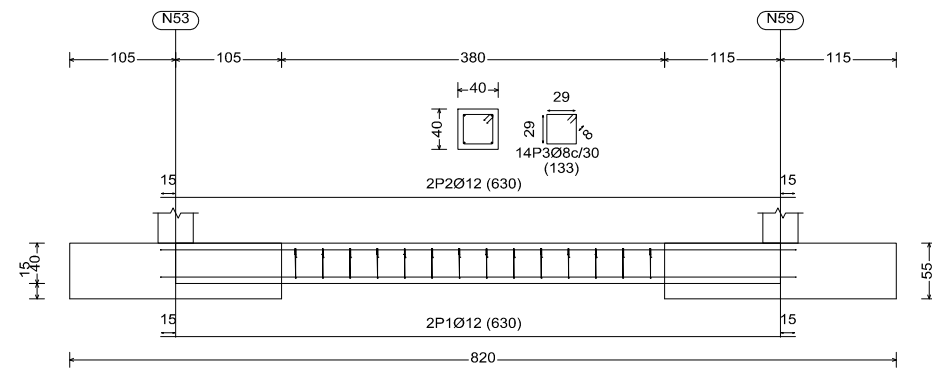
N3, N53, N1 y N51



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 [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] Y C [N6-N1]



C [N53-N59], C [N59-N56], C [N56-57], C [N57-N51], C [N1-N62], C [N62-N61],
C [N61-N64] y C [N64-N3]



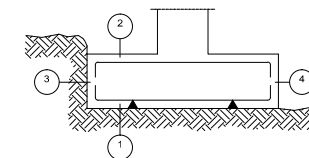
Características de los materiales - Zapatas de Cimentación

Materiales	Hormigón								Acero		
	Control				Características				Control		
	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Exposición Ambiente	Recubrimiento nominal	Recubrimiento nominal sobre el terreno	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo
CIMENTACIONES	Estadístico	$\gamma_c=1.50$	HA - 30	Plástica a blanda (8-15 cm)	30/40 mm	Ila	70 mm	70 mm	Normal	$\gamma_s=1.15$	B 500 SD
Ejecución (Acciones)	Normal	$\gamma_G=1.50$ $\gamma_Q=1.60$	Adaptado a la Instrucción EHE								

Notas

- Control Estadístico en EHE, equivale a control normal
- Solapes según EHE
- El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido: Sello CIETSID, CC-EHE, ...

Recubrimientos nominales

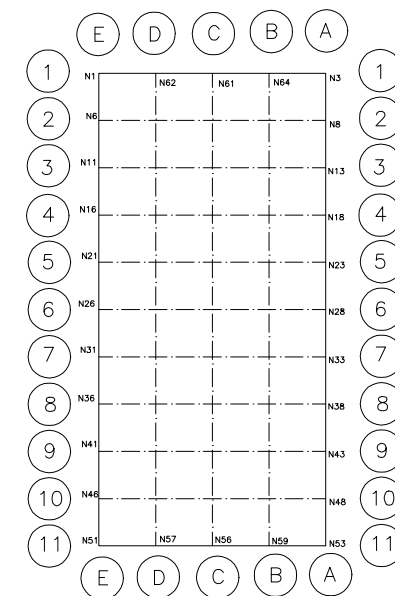
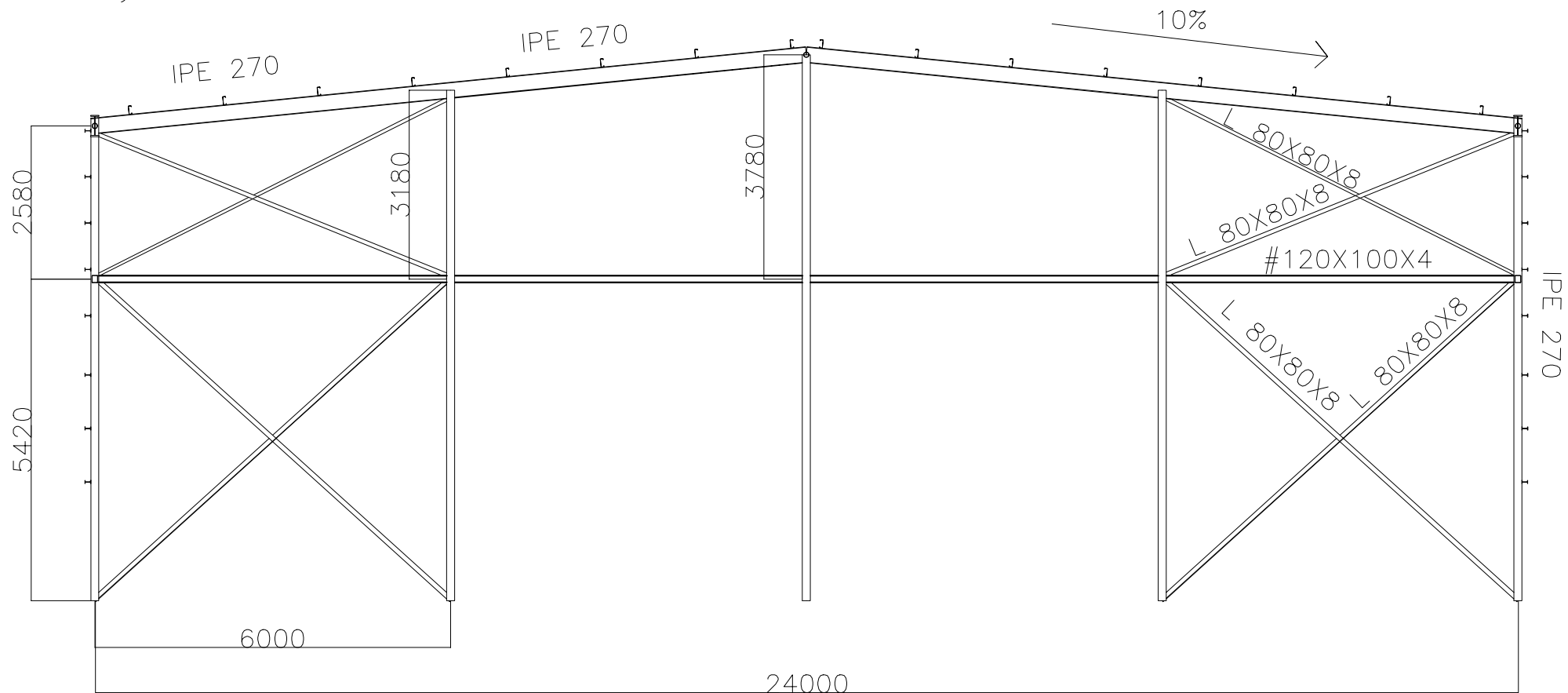


- 1a.- Recubrimiento inferior contacto terreno ≥ 8 cm.
- 1b.- Recubrimiento con hormigón de limpieza 4 cm.
- 2.- Recubrimiento superior libre 4/5 cm.
- 3.- Recubrimiento lateral contacto terreno ≥ 8 cm.
- 4.- Recubrimiento lateral libre 4/5 cm.

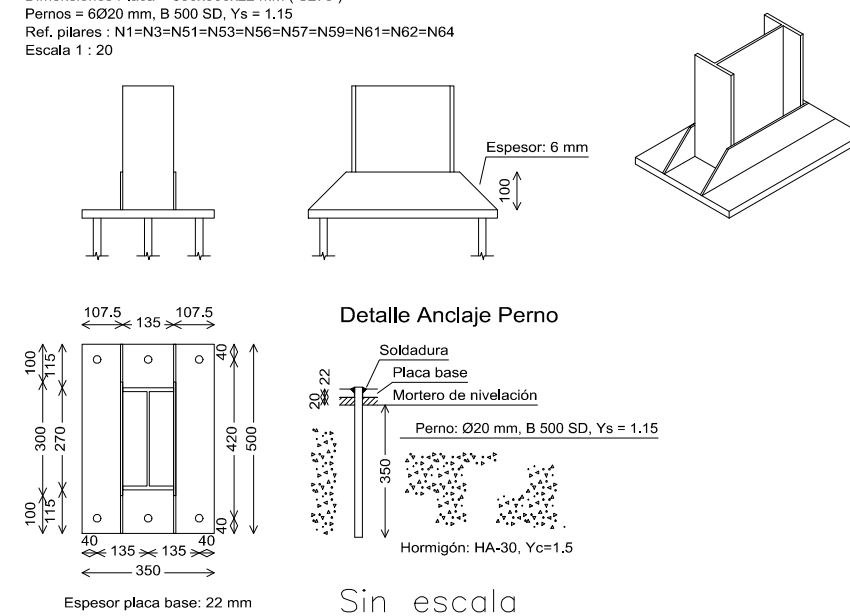
Datos geotécnicos

- Tensión admisible del terreno considerada = 0,2 MPa (2 Kg/cm²)

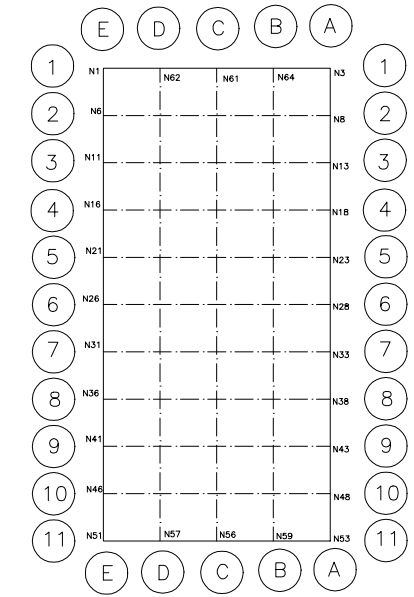
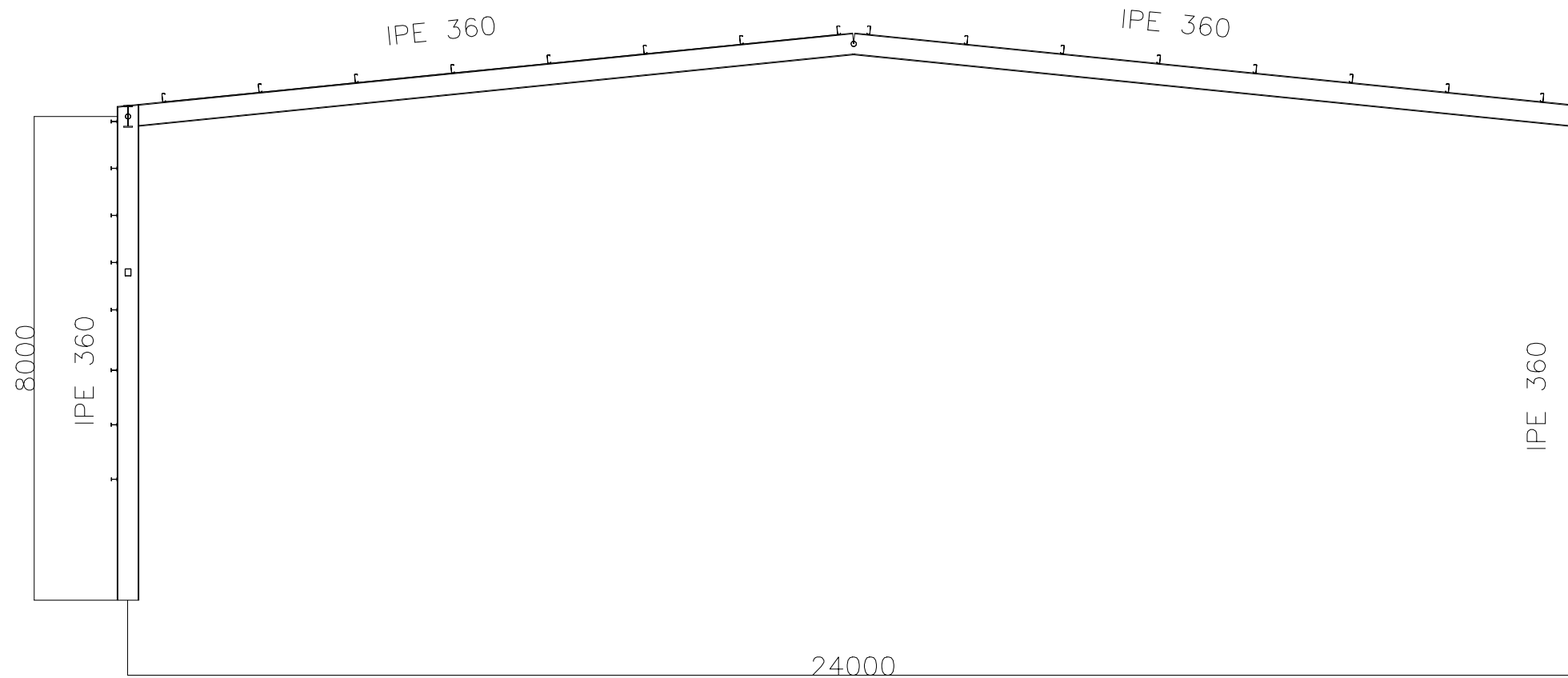
Pórticos
1 y 11



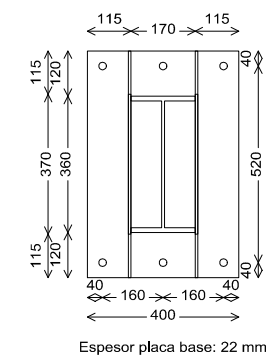
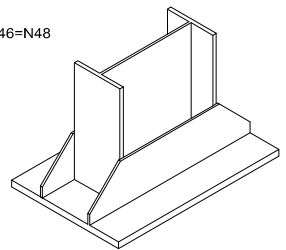
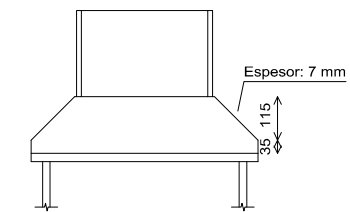
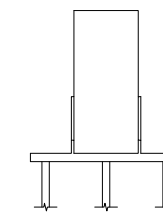
Dimensiones Placa = 350x500x22 mm (S275)
 Pernos = 6Ø20 mm, B 500 SD, Ys = 1.15
 Ref. pilares : N1=N3=N51=N53=N56=N57=N59=N61=N62=N64
 Escala 1 : 20



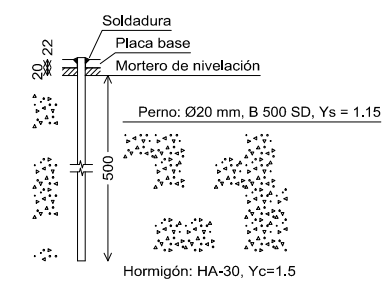
Pórticos del
2 al 10



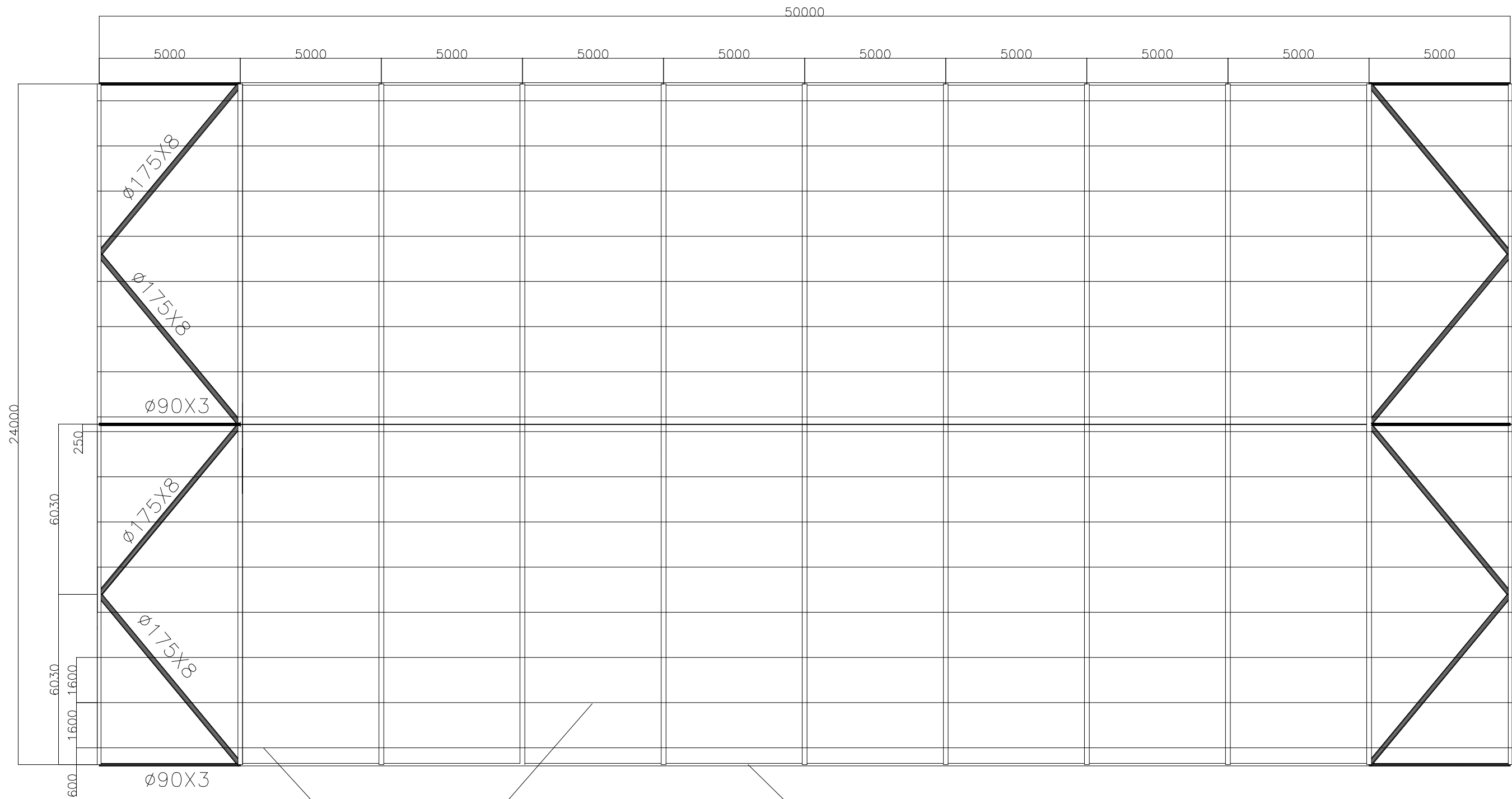
Dimensiones Placa = 400x600x22 mm (S275)
 Pernos = 6Ø20 mm, B 500 SD, Ys = 1.15
 Ref. pilares : N6=N8=N11=N13=N16=N18=N21=N23=N26=N28=N31=N33=N36=N38=N41=N43=N46=N48
 Escala 1 : 20



Detalle Anclaje Perno



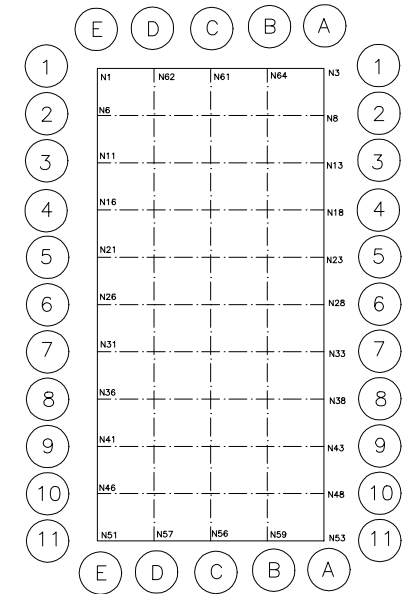
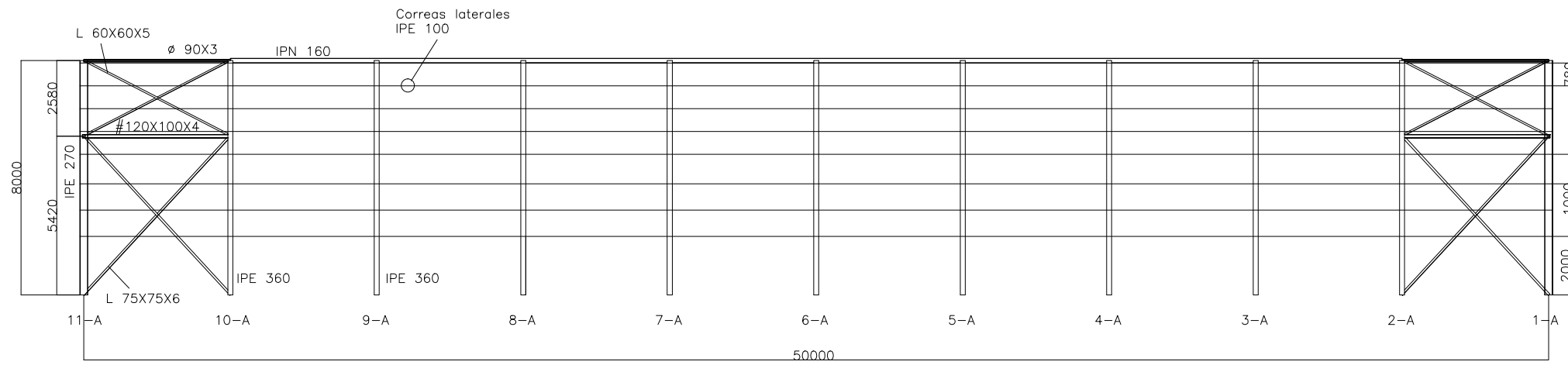
Sin escala



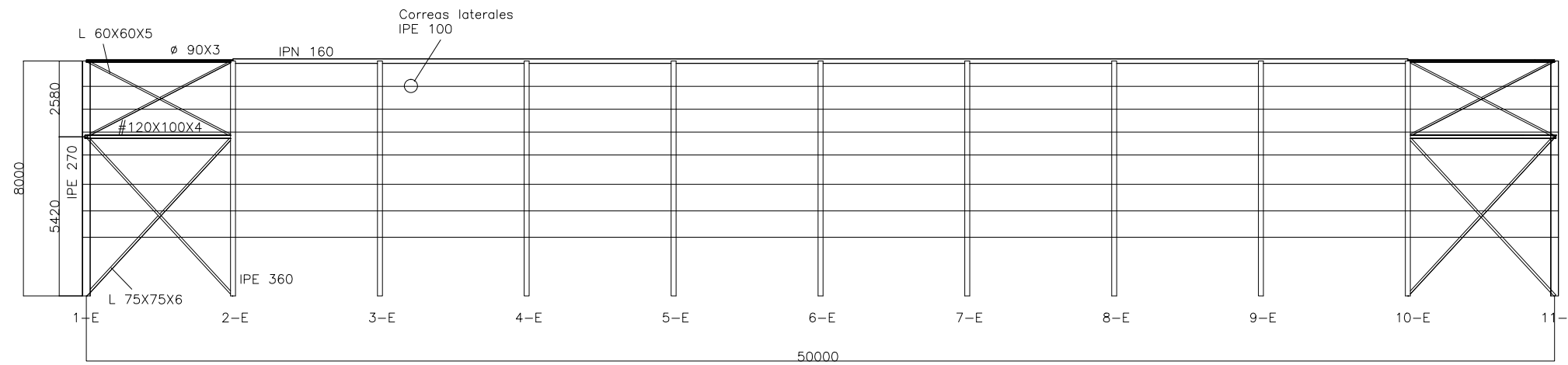
Correas cubierta
perfil CF-140x3.0
S235

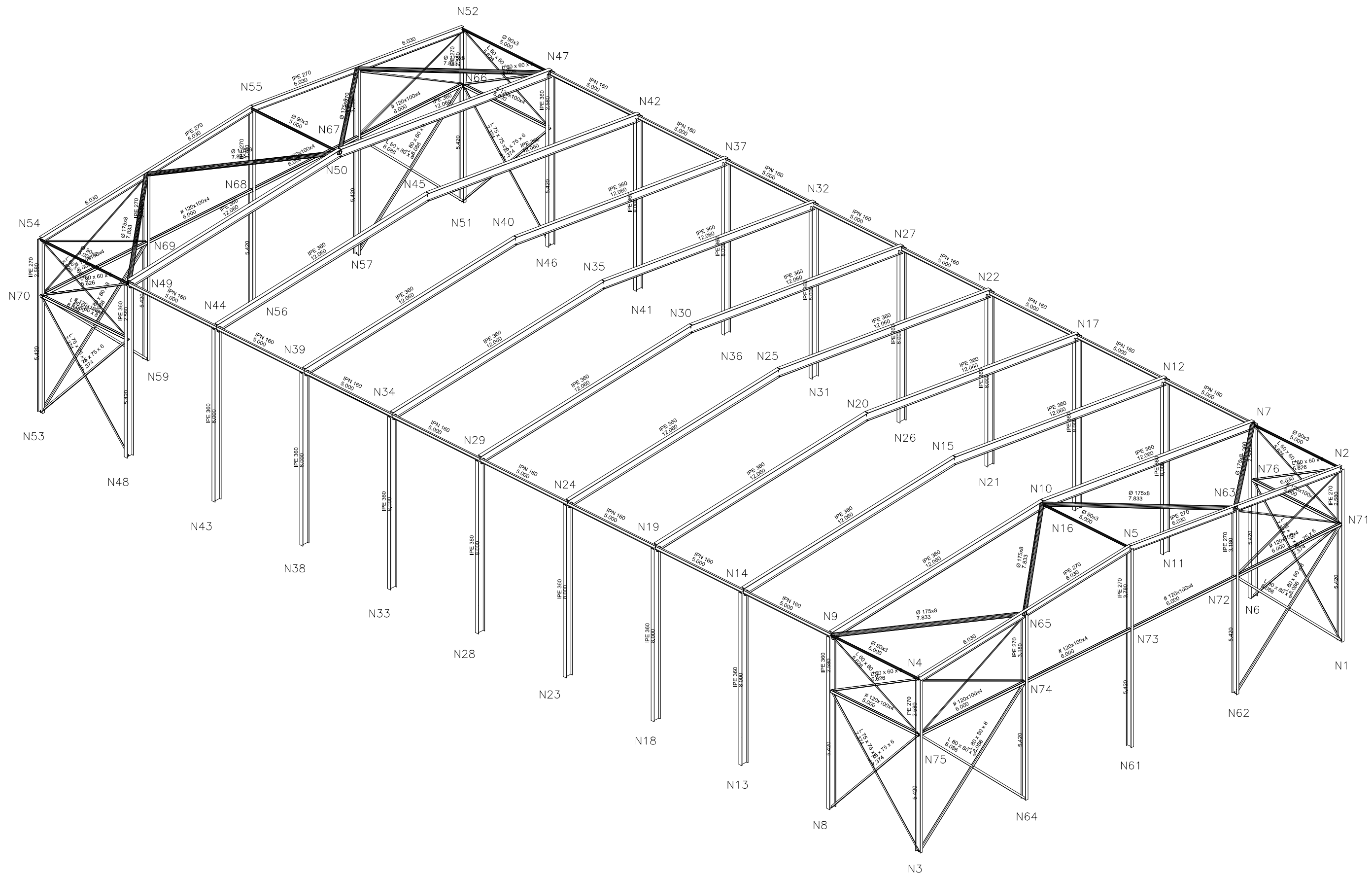
Viga perimetral IPN 160

Fachada norte (A-A')

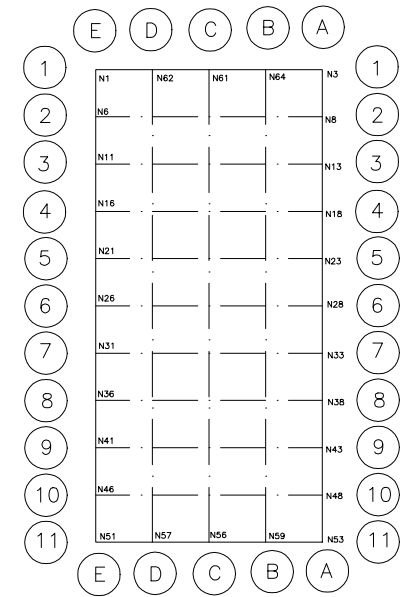
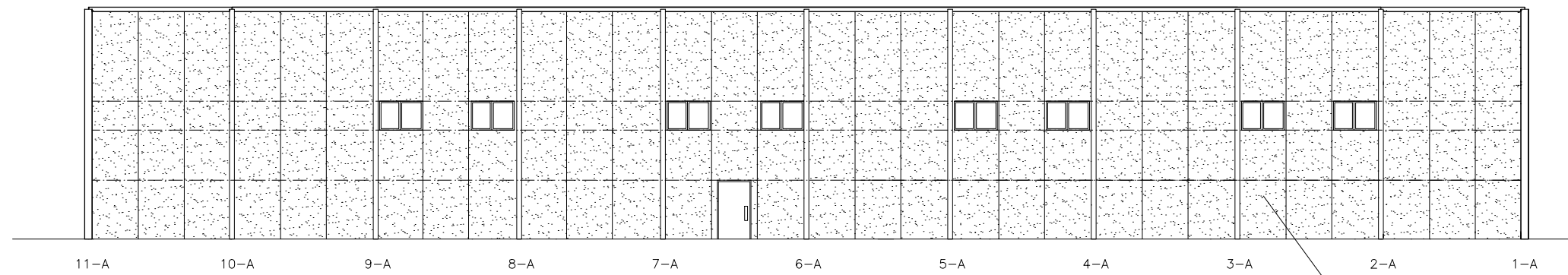


Fachada sur (E-E')

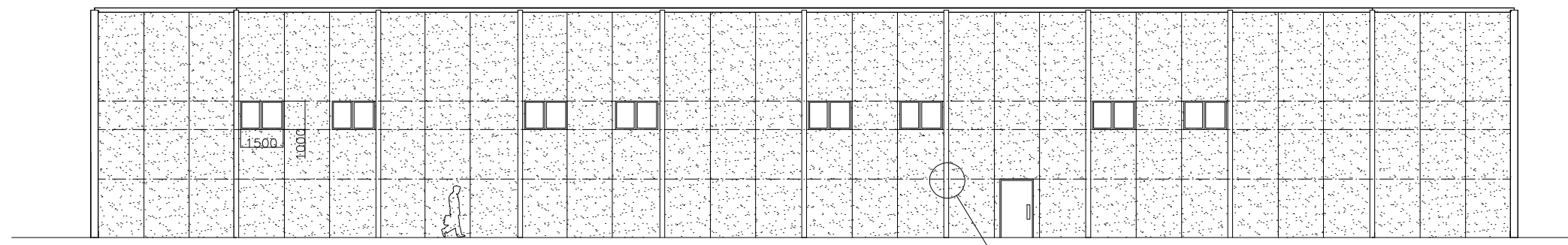




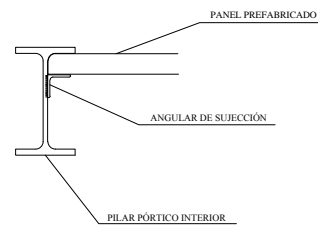
FACHADA NORTE (A-A')

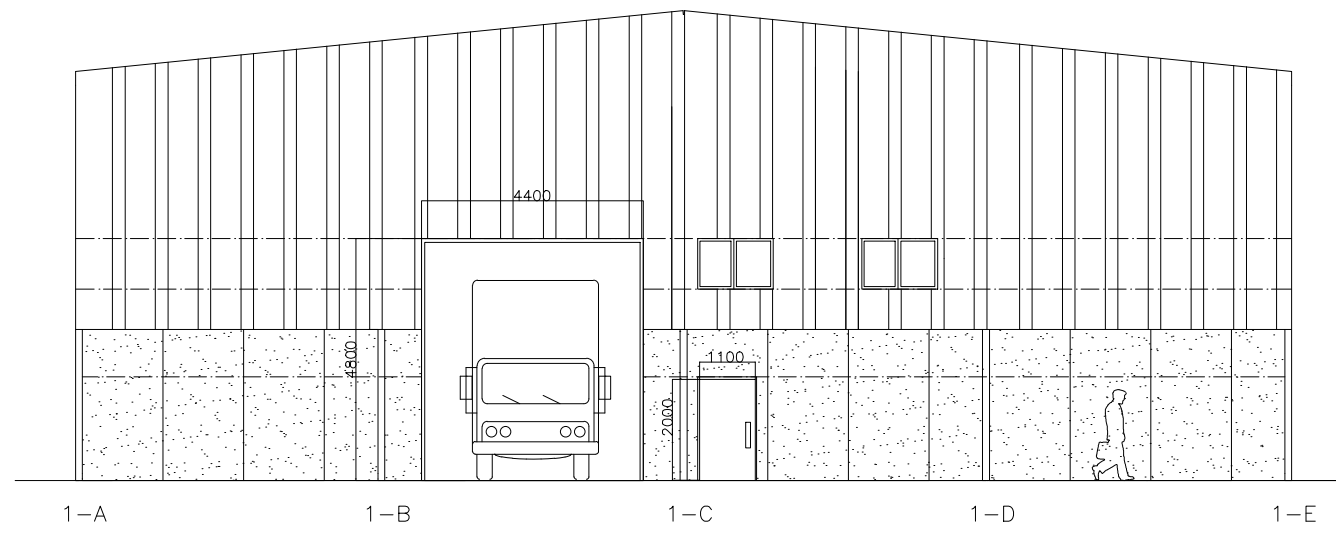


FACHADA SUR (E-E')

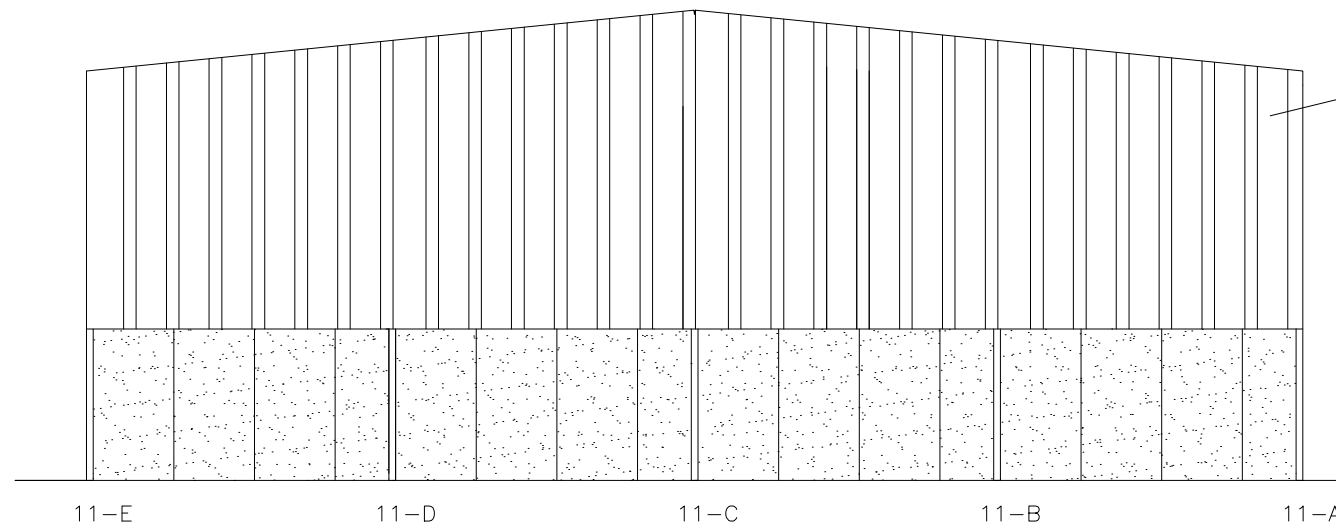
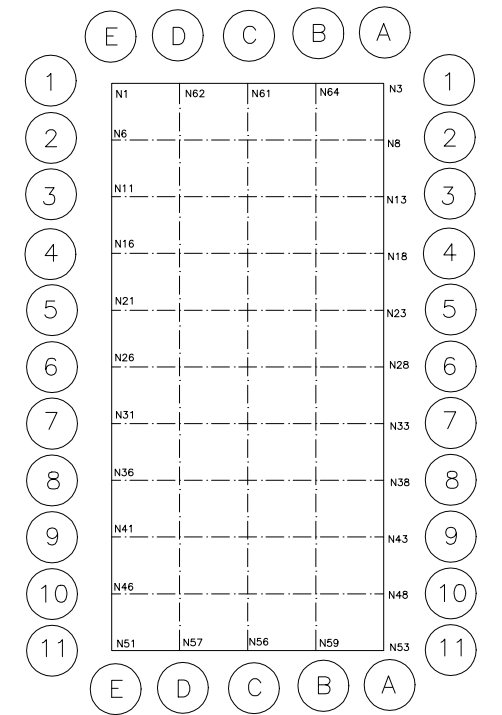


DETALLE CONSTRUCTIVO ANCLAJE CERRAMIENTO A LA PERFILERÍA





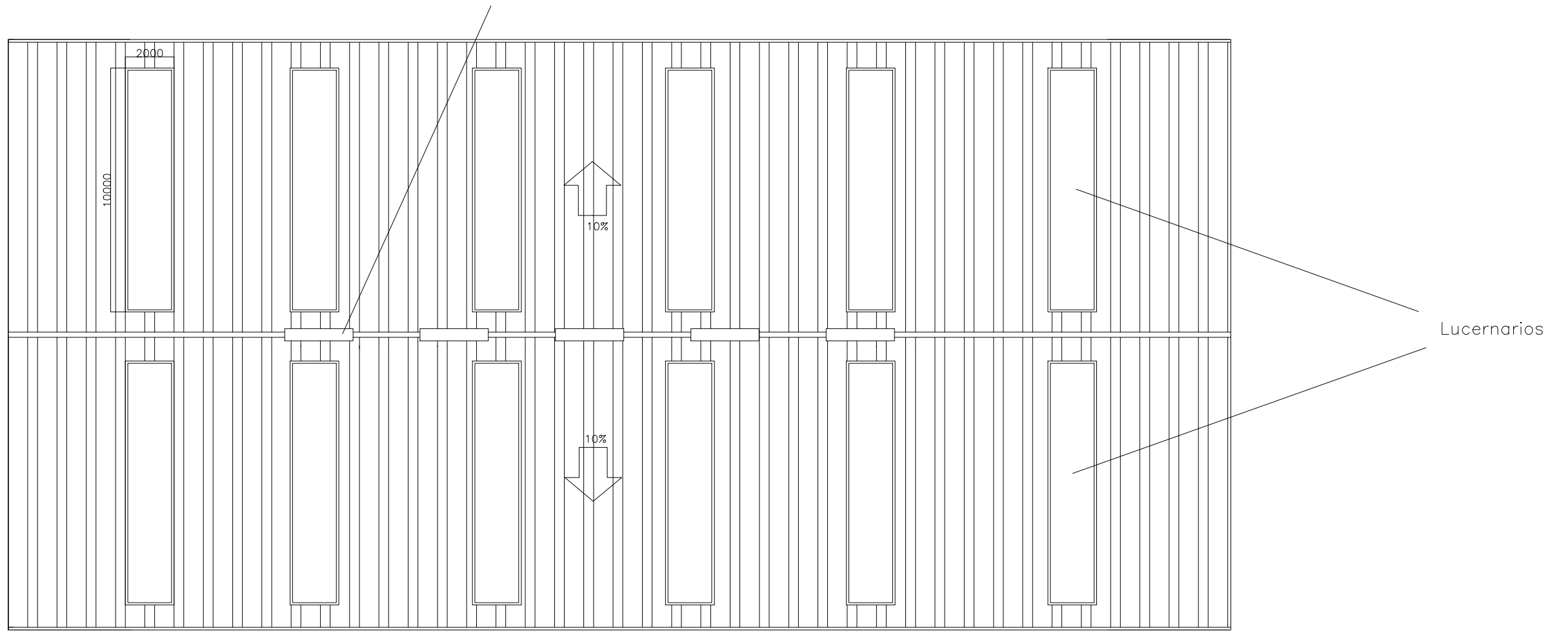
FACHADA OESTE (1-1')



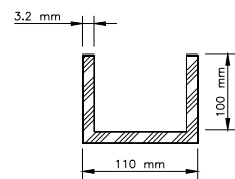
Chapa metálica tipo sandwich

FACHADA ESTE (11-11')

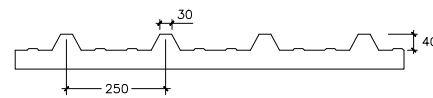
HUECO PARA VENTILADOR ESTÁTICO

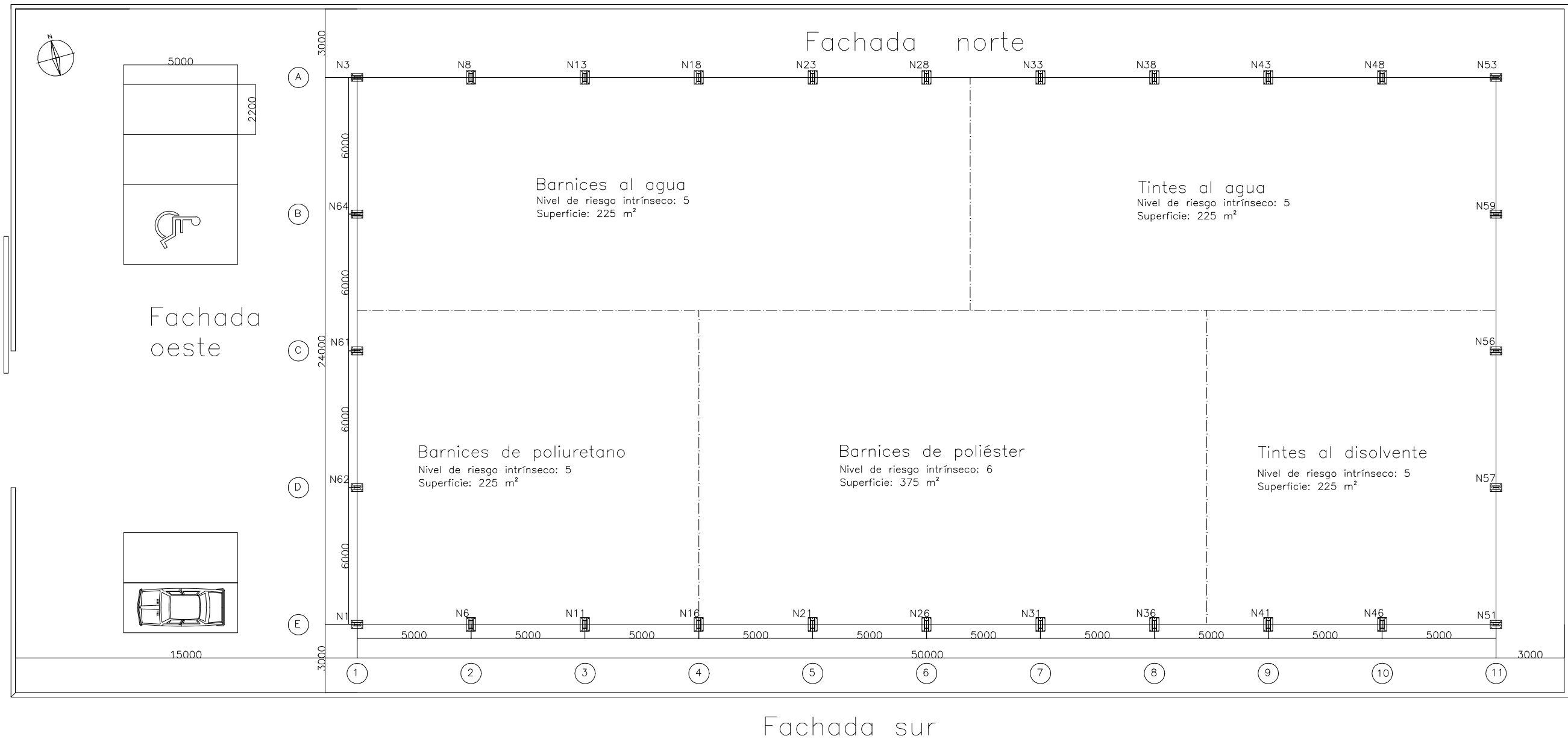


DETALLE DEL CANALON DE AGUAS PLUVIALES
Canalón PVC



DETALLE PANEL TIPO SANDWICH, CHAPA
PERFILADA PL 40/250





Barnices al agua:
Barnices: $Q_s=2250 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,6$
Pallets: $Q_s=316,875 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,3$

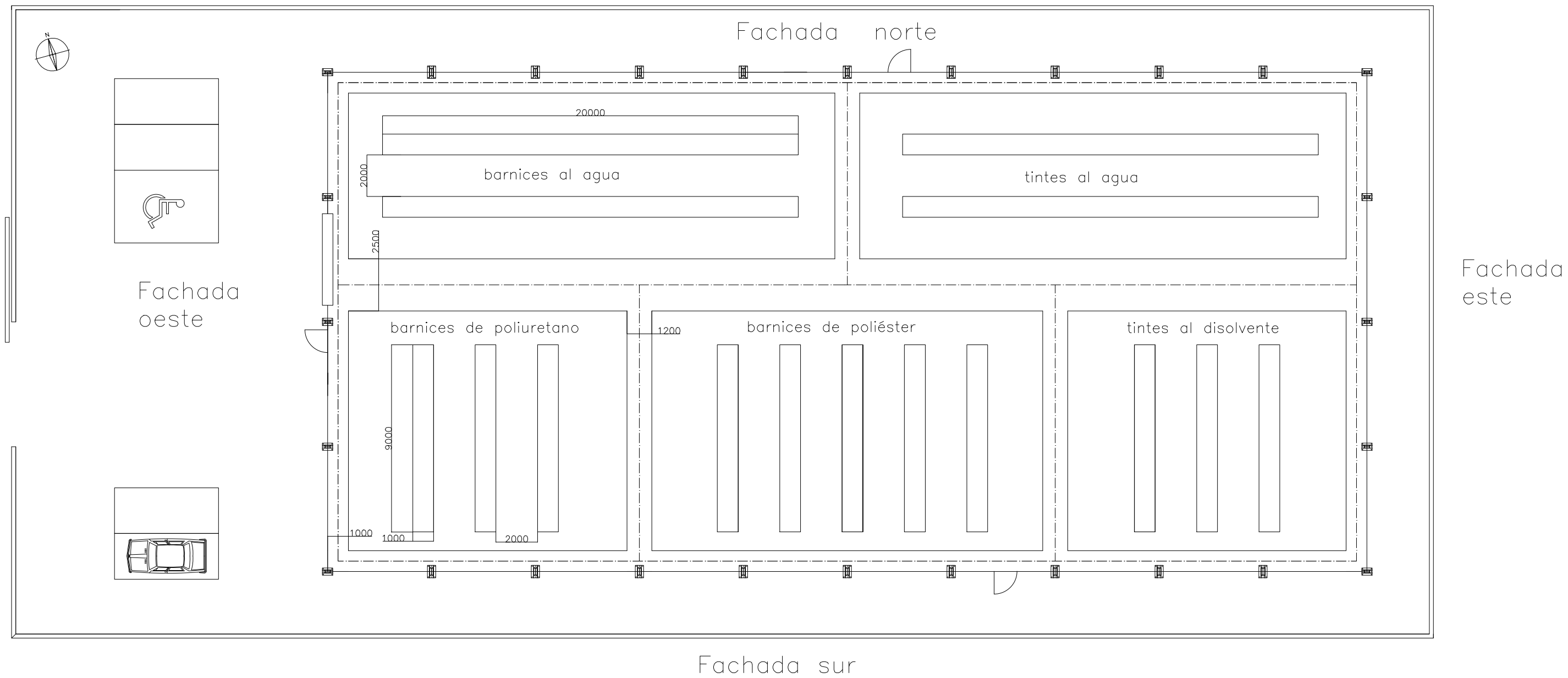
Barnices de poliéster:
Barnices: $Q_s=3750 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,6$
Pallets: $Q_s=316,875 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,3$

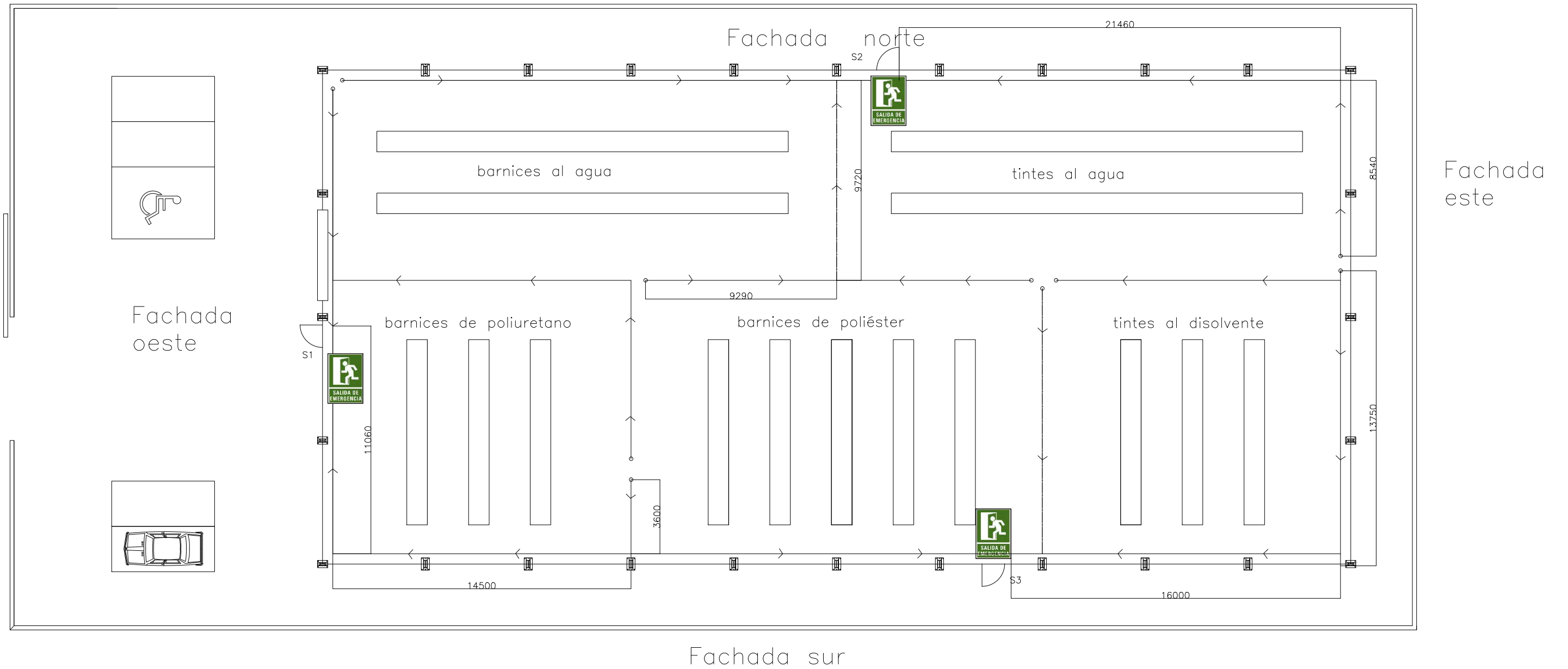
Tintes al disolvente:
Barnices: $Q_s=2250 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,6$
Pallets: $Q_s=316,875 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,3$

Barnices de poliuretano:
Barnices: $Q_s=2250 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,6$
Pallets: $Q_s=316,875 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,3$

Tintes al agua:
Barnices: $Q_s=2250 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,6$
Pallets: $Q_s=316,875 \text{ MJ/m}^2$ $C_i=1,3$

$Q_s \text{ total} = 14545,625 \text{ MJ/m}^2$
Nivel de riesgo intrínseco: alto 8





○ Puntos más desfavorable de los recorridos (siguiendo el Reglamento específico de la MIE ITC APQ-1, para el caso de productos inflamables, combustibles.

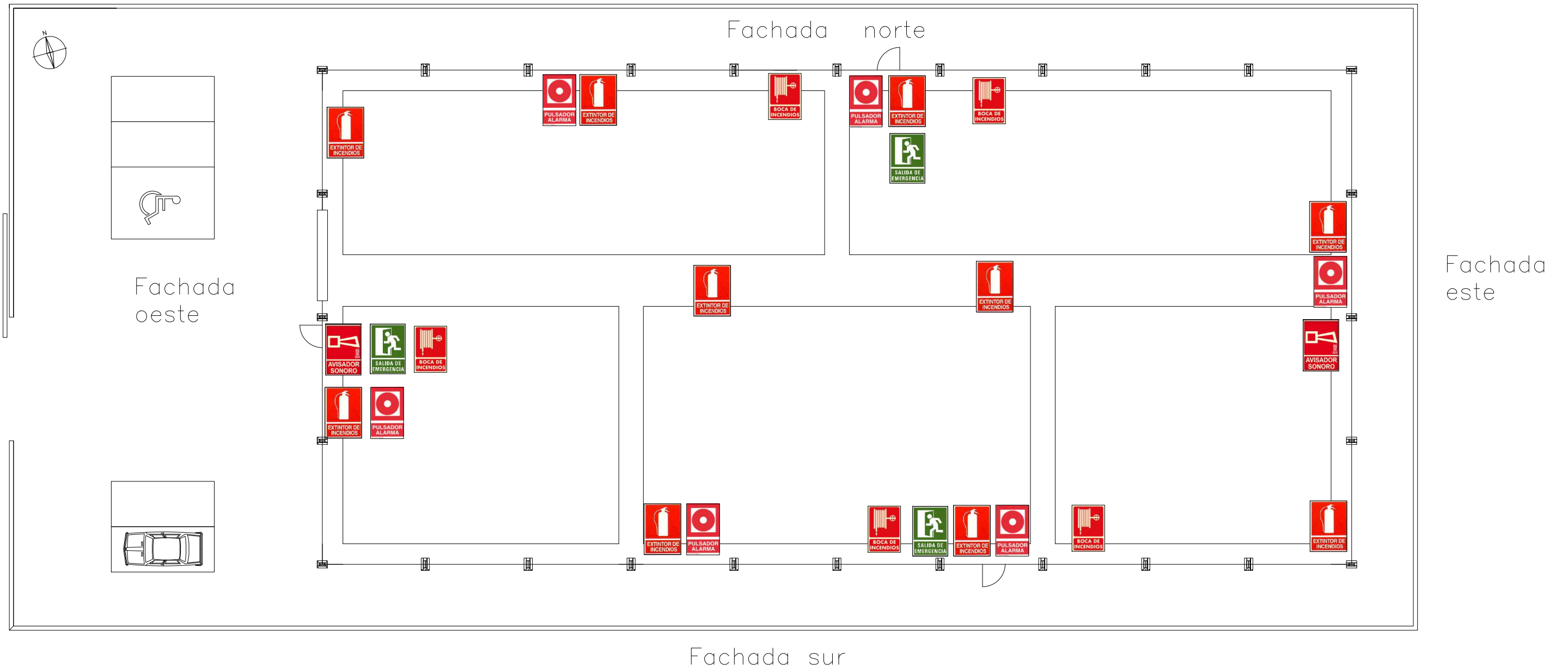
S1
Recorrido más desfavorable: 29160 mm

S2
Recorrido más desfavorable: 30000 mm

S3
Recorrido más desfavorable: 29750 mm

Hipótesis de bloqueo

Salida	Bloqueo más desfavorable	Ocupantes
S1	S2	5
S2	S3	5
S3	S2	7



Alarma sonora:
Una colocada en la puerta principal, audible en toda la zona

Extintor:
Situados en menos de un radio de 15 m

Boca de incendios:
Colocada a una distancia máxima de 5 m de las salidas y sin exceder de 25 m desde cualquier punto de la nave hasta ella.

Pulsador de alarma:
Situado en lugar visible, al lado de extintores

PROYECTO ESTRUCTURAL Y DE INSTALACIONES DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1200 m² SITUADO EN PICASSENT

DOCUMENTO 3. PRESUPUESTO

ÍNDICE

1.	PRESUPUESTO NAVE INDUSTRIAL.....	3
1.1	Precios descompuestos.....	3
1.2	Mediciones descompuestas.....	17
1.3	Resumen capítulos.....	26
1.4	Resumen de partidas.....	29
2.	PRESUPUESTO INSTALACIONES.....	30
2.1	Precios descompuestos.....	30
2.2	Resumen capítulos.....	33
2.3	Resumen de partidas.....	34

1. PRESUPUESTO NAVE INDUSTRIAL

1.1 Precios descompuestos

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Pág.: 1	
		Movimiento de tierras		Ref.: procdp2a	
				Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
01	CAP01	Movimiento de tierras			
01.01	U01	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad de 25 cm , con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.			
	mq01pan010a	h Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³	0,015	40,13	0,60
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,006	15,92	0,10
	%	Costes indirectos	0,020	0,70	0,01
		Clase: Mano de Obra			0,10
		Clase: Maquinaria			0,60
		Clase: Medio auxiliar			0,01
		Coste Total			0,71
01.02	U02	EXCAVACIÓN DEL TERRENO Excavación en suelo con, medios naturales, hasta alcanzar las cotas de profundidad indicadas en el trabajo, retirada de los materiales excavados, carga a camión y transporte a vertedero específico. Se incluye en esta excavación los 10 cm de profundidad necesaria para verter el hormigón de limpieza en cada una de las zanjas y los pozos.			
	mq01exn020b	h Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 115 kW.	0,383	48,42	18,54
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,253	15,92	4,03
	mq05pdm010b	h Compresor portátil eléctrico 5 m ³ /min de caudal.	0,320	6,88	2,20
	mq05mai030	h Martillo neumático	0,641	4,07	2,61
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,965	15,92	15,36
	mq04cab010c	h Camión basculante de 12 t de carga, de 162 CV	0,096	40,09	3,85
	%	Costes indirectos	0,020	46,59	0,93
		Clase: Mano de Obra			19,39
		Clase: Maquinaria			27,20
		Clase: Medio auxiliar			0,93
		Coste Total			47,52

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Pág.: 2	
		Cimentaciones		Ref.: procdp2a	
				Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
02	CAP02	Cimentaciones			
02.01	U03	HORMIGÓN ARMADO EN ZANJAS Y POZOS Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/Ila+Qa fabricado en central con cemento MR, vertido desde camión, y acero UNE EN 10080 B 500 SD cuantía 36 kg /m3 necesario para las barras corrugadas de la cimentación.			
	mt07aco020a Ud	Separador homologado para cimentaciones	8,000	0,13	1,04
	mt07aco010d kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, elaborado en taller industrial, diámetros varios	36,000	1,02	36,72
	mt10haf010hne m3	Hormigón HA-30/B/20/Ila+Qa, fabricado en central, con cemento MR	1,100	104,95	115,45
	mo041 h	Oficial 1ª estructurista	0,303	18,10	5,48
	mo084 h	Ayudante estructurista	0,303	16,94	5,13
	%	Costes indirectos	0,020	163,82	3,28
		Clase: Mano de Obra			10,61
		Clase: Material			153,21
		Clase: Medio auxiliar			3,28
		Coste Total			167,10
02.02	U04	HORMIGÓN LIMPIEZA Capa de hormigón de limpieza HL-150/P/20 fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.			
	mt10hmf011bc m3	Hormigón de limpieza HL-150/P/20, fabricado en central	0,105	60,27	6,33
	mo041 h	Oficial 1ª estructurista	0,061	18,10	1,10
	mo084 h	Ayudante estructurista	0,061	16,94	1,03
	%	Costes indirectos	0,020	8,46	0,17
		Clase: Mano de Obra			2,13
		Clase: Material			6,33
		Clase: Medio auxiliar			0,17
		Coste Total			8,63

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Pág.: 3	
		Pórtico interior		Ref.: procdp2a	
				Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
03	CAP03	Estructura			
03.01	3.1	Pórtico interior			
03.01.01	U05	IPE 360 Acero S 275 JR en elementos de pórticos interiores, con piezas simples de perfil laminado en caliente de la serie IPE, con uniones soldadas.			
	mt07ala010h	kg Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	1,050	0,99	1,04
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,050	4,80	0,24
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,020	18,10	0,36
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,020	16,94	0,34
	%	Costes indirectos	0,020	2,03	0,04
		Clase: Mano de Obra			0,70
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			1,28
		Clase: Medio auxiliar			0,04
		Coste Total			2,07
03.01.02	U06	PLACAS DE ANCLAJE Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 600x400 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 20 mm de diámetro y 50 cm de longitud total			
	mt07ala011d	kg Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales	37,780	1,34	50,63
	mt07aco010d	kg Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, elaborado en taller industrial, diámetros varios	7,395	1,02	7,54
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,020	3,09	0,06
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,816	18,10	14,77
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,816	16,94	13,82
	%	Costes indirectos	0,020	86,82	1,74
		Clase: Mano de Obra			28,59
		Clase: Maquinaria			0,06
		Clase: Material			58,17
		Clase: Medio auxiliar			1,74
		Coste Total			88,56
03.02	3.2	Pórtico de fachada			
03.02.01	U07	IPE 270 Acero S 275 JR en pilar y jácena de fachada, con piezas simples de perfil laminado en caliente de la serie IPE, con uniones soldadas.			
	mt07ala010h	kg Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	1,050	0,99	1,04
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,050	4,80	0,24
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,020	18,10	0,36
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,020	16,94	0,34
	%	Costes indirectos	0,020	2,03	0,04
		Clase: Mano de Obra			0,70
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			1,28
		Clase: Medio auxiliar			0,04
		Coste Total			2,07

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2			Pág.: 4
		Pórtico de fachada			Ref.: procdp2a
					Fec.:
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
03.02.02	U08	PLACAS DE ANCLAJE Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 500x350 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 20 mm de diámetro y 35 cm de longitud total			
	mt07ala011d	kg Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales	27,575	1,34	36,95
	mt07aco010d	kg Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, elaborado en taller industrial, diámetros varios	5,176	1,02	5,28
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,020	3,09	0,06
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,650	18,10	11,77
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,650	16,94	11,01
	%	Costes indirectos	0,020	65,07	1,30
		Clase: Mano de Obra			22,78
		Clase: Maquinaria			0,06
		Clase: Material			42,23
		Clase: Medio auxiliar			1,30
		Coste Total			66,37
03.02.03	U09	L 80 x 80 x 8 Perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie L 80x8, con capa de imprimación anticorrosiva.			
	mt07ala140a	m Perfil de acero UNE-EN 10025 S275JR, serie L 80x8, laminado en caliente, para aplicaciones estructurales. Elaborado en taller y colocado en obra	1,000	10,38	10,38
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,096	4,80	0,46
	mo019	h Oficial 1ª construcción	0,195	17,24	3,36
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,195	15,92	3,10
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	%	Costes indirectos	0,020	17,35	0,35
		Clase: Mano de Obra			6,46
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			10,84
		Clase: Medio auxiliar			0,35
		Coste Total			17,70
03.02.04	U10	# 120 X 100 X 4 Acero S 275 JR en montantes de los pórticos de fachada, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo # con uniones soldadas.			
	mt07ala010h	kg Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	1,050	0,99	1,04
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,050	4,80	0,24
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,020	18,10	0,36
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,020	16,94	0,34
	%	Costes indirectos	0,020	2,03	0,04
		Clase: Mano de Obra			0,70
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			1,28
		Clase: Medio auxiliar			0,04
		Coste Total			2,07

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Pág.: 5	
		Fachada lateral		Ref.: procdp2a	
				Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
03.03	3.3	Fachada lateral			
03.03.01	U11	L 75 x 75 x 6 Perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie L 75x6, con capa de imprimación anticorrosiva.			
	mt07ala140ara	m Perfil de acero UNE-EN 10025 S275JR, serie L 70x6, laminado en caliente, para aplicaciones estructurales. Elaborado en taller y colocado en obra	1,000	6,88	6,88
	mt27pf010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,064	4,80	0,31
	mo019	h Oficial 1ª construcción	0,129	17,24	2,22
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,129	15,92	2,05
	mQ08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	%	Costes indirectos	0,020	11,51	0,23
		Clase: Mano de Obra			4,27
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			7,19
		Clase: Medio auxiliar			0,23
		Coste Total			11,74
03.03.02	U12	L 60 x 60 x 5 Perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie L 60x5, con capa de imprimación anticorrosiva.			
	mt07ala140aom	m Perfil de acero UNE-EN 10025 S275JR, serie L 60x5, laminado en caliente, para aplicaciones estructurales. Elaborado en taller y colocado en obra	1,000	4,93	4,93
	mt27pf010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,046	4,80	0,22
	mo019	h Oficial 1ª construcción	0,093	17,24	1,60
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,093	15,92	1,48
	mQ08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	%	Costes indirectos	0,020	8,28	0,17
		Clase: Mano de Obra			3,08
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			5,15
		Clase: Medio auxiliar			0,17
		Coste Total			8,45
03.03.03	U13	# 120 x 100 x 4 Acero S 275 JR en montantes de la fachada lateral, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo # con uniones soldadas.			
	mt07ala010h	kg Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	1,050	0,99	1,04
	mt27pf010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,050	4,80	0,24
	mQ08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,020	18,10	0,36
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,020	16,94	0,34
	%	Costes indirectos	0,020	2,03	0,04
		Clase: Mano de Obra			0,70
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			1,28
		Clase: Medio auxiliar			0,04
		Coste Total			2,07

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Fachada lateral		Pág.: 6
						Ref.: procdp2a
						Fec.:
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe	
03.03.04	U14	IPN 160 Acero S275JR en viga perimetral con pieza simple de perfil laminado en caliente de la serie IPN 160, con uniones soldadas.				
	mt07ala010h	kg Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	1,050	0,99	1,04	
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,050	4,80	0,24	
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05	
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,020	18,10	0,36	
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,020	16,94	0,34	
	%	Costes indirectos	0,020	2,03	0,04	
		Clase: Mano de Obra				0,70
		Clase: Maquinaria				0,05
		Clase: Material				1,28
		Clase: Medio auxiliar				0,04
		Coste Total				2,07
03.03.05	U15	REDONDO 90 x 3 Acero S 275 JR en montantes de la fachada lateral, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo redondo, con uniones soldadas.				
	mt07ala010h	kg Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	1,050	0,99	1,04	
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,050	4,80	0,24	
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05	
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,020	18,10	0,36	
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,020	16,94	0,34	
	%	Costes indirectos	0,020	2,03	0,04	
		Clase: Mano de Obra				0,70
		Clase: Maquinaria				0,05
		Clase: Material				1,28
		Clase: Medio auxiliar				0,04
		Coste Total				2,07
03.04	3.4	Arriostramiento cubierta				
03.04.01	U16	REDONDO 175 x 8 Acero S 275 JR en diagonales viga contraviento, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo redondo, con uniones soldadas.				
	mt07ala010h	kg Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	1,050	0,99	1,04	
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,050	4,80	0,24	
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05	
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,020	18,10	0,36	
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,020	16,94	0,34	
	%	Costes indirectos	0,020	2,03	0,04	
		Clase: Mano de Obra				0,70
		Clase: Maquinaria				0,05
		Clase: Material				1,28
		Clase: Medio auxiliar				0,04
		Coste Total				2,07

					Pág.: 7
		CUADRO DE PRECIOS Nº 2			Ref.: proodp2a
		Arriostramiento cubierta			Fec.:
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
03.04.02	U17	REDONDO 90 x 3 Acero S 275 JR en montante viga contraviento, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo redondo, con uniones soldadas.			
	mt07ala010h	kg Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	1,050	0,99	1,04
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,050	4,80	0,24
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,020	18,10	0,36
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,020	16,94	0,34
	%	Costes indirectos	0,020	2,03	0,04
		Clase: Mano de Obra			0,70
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			1,28
		Clase: Medio auxiliar			0,04
		Coste Total			2,07
03.05	3.5	Correas			
03.05.01	U18	ACERO EN CORREAS METÁLICAS PARA CUBIERTA Acero S235JRC en correas metálicas con piezas simples de perfil conformado en frío de la serie C, galvanizado y colocado en obra con tornillos.			
	mt07ali010a	kg Acero UNE-EN 10025 S235JRC, para correa formada por pieza simple, en perfiles conformados en frío de la serie C, galvanizado, incluso accesorios, tornillería y elementos de anclaje	1,000	1,43	1,43
	mo043	h Oficial 1ª montador de estructura metálica	0,030	18,10	0,54
	mo086	h Ayudante montador de estructura metálica	0,030	16,94	0,51
	%	Costes indirectos	0,020	2,48	0,05
		Clase: Mano de Obra			1,05
		Clase: Material			1,43
		Clase: Medio auxiliar			0,05
		Coste Total			2,53
03.05.02	U19	ACERO EN CORREAS METÁLICAS PARA LATERALES Perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie IPE 100, con capa de imprimación anticorrosiva para formación de correas en fachadas laterales.			
	mt07ala115ba	m Perfil de acero UNE-EN 10025 S275JR, serie IPE 100, laminado en caliente, para aplicaciones estructurales. Elaborado en taller y colocado en obra	1,000	8,11	8,11
	mt27pfi010	l Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	0,081	4,80	0,39
	mo019	h Oficial 1ª construcción	0,123	17,24	2,12
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,123	15,92	1,96
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	0,015	3,09	0,05
	%	Costes indirectos	0,020	12,63	0,25
		Clase: Mano de Obra			4,08
		Clase: Maquinaria			0,05
		Clase: Material			8,50
		Clase: Medio auxiliar			0,25
		Coste Total			12,88

				Pág.: 8	
		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Ref.: procdp2a	
		Panel de hormigón		Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
04	CAP04	Cerramientos			
04.01	4.1	Panel de hormigón			
04.01.01	U20	PANEL DE HORMIGÓN Cerramiento de fachada (laterales y parte inferior de principales), formado por placas alveolares de hormigón pretensado de 16 cm de espesor 1,6 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado en hormigón gris, montaje vertical.			
	mt12ppp010a	m2 Placa alveolar de hormigón pretensado, de 16 cm de espesor, 1,6 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado en hormigón gris, para formación de cerramiento. Según UNE-EN 1168	1,000	17,97	17,97
	mt12pph011	kg Masilla caucho-asfáltica para sellado en frío de juntas de paneles prefabricados de hormigón	0,070	1,96	0,14
	mq07gte010c	h Grúa autopulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo	0,040	66,84	2,67
	mo046	h Oficial 1ª montador de paneles prefabricados de hormigón	0,063	17,82	1,12
	mo089	h Ayudante montador de paneles prefabricados de hormigón.	0,063	16,13	1,02
	%	Costes indirectos	0,020	22,92	0,46
		Clase: Mano de Obra			2,14
		Clase: Maquinaria			2,67
		Clase: Material			18,11
		Clase: Medio auxiliar			0,46
		Coste Total			23,38
04.02	4.2	Panel tipo sandwich			
04.02.01	U21	FACHADA A BASE DE PANEL TIPO SANDWICH Cerramiento de fachada formado por panel sándwich aislante para fachadas, de 40 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa nervada 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/m ³ , con sistema de fijación oculto.			
	mt12ppl100mabm2	m2 Panel sándwich aislante para fachadas, de 40 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa nervada 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/m ³ , con junta diseñada para fijación con tornillos ocultos, remates y accesorios	1,000	39,81	39,81
	mt13ccg030e	Ud Tornillo autorroscante de 6,5x130 mm de acero inoxidable, con arandela	8,000	0,80	6,40
	mt13ccg040	m Junta de estanqueidad para chapas de acero	2,000	0,90	1,80
	mq08sol020	h Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	1,008	3,09	3,11
	mo047	h Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,222	17,82	3,96
	mo090	Ayudante montador de cerramientos industriales	0,222	16,13	3,58
	%	Costes indirectos	0,020	58,66	1,17
		Clase: Mano de Obra			7,54
		Clase: Maquinaria			3,11
		Clase: Material			48,01
		Clase: Medio auxiliar			1,17
		Coste Total			59,83

				Pág.: 9	
		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Ref.: procdp2a	
		Panel tipo sandwich		Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
04.02.02	U22	CUBIERTA A BASE DE PANEL TIPO SANDWICH Cubierta inclinada de panel sándwich lacado+aislante+galvanizado de 40 mm de espesor, con una pendiente del 10%			
	mt13dcg010c	m2 Panel sándwich (lacado+aislante+galvanizado), espesor total 40 mm	1,100	28,49	31,34
	mt13ccg020h	m2 Remate lateral de acero galvanizado, espesor 0,8 mm, desarrollo 250 mm	0,300	3,78	1,13
	mt13ccg020k	m2 Remate lateral de acero galvanizado, espesor 0,8 mm, desarrollo 500 mm	0,200	5,20	1,04
	mt13ccg020l	m2 Remate lateral de acero galvanizado, espesor 0,8 mm, desarrollo 750 mm	0,150	7,09	1,06
	mt13ccg030d	Ud Tornillo autorroscante de 6,5x70 mm de acero inoxidable, con arandela	3,000	0,50	1,50
	mo047	h Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,202	17,82	3,60
	mo090	Ayudante montador de cerramientos industriales	0,202	16,13	3,26
	%	Costes indirectos	0,020	42,93	0,86
		Clase: Mano de Obra			6,86
		Clase: Material			36,07
		Clase: Medio auxiliar			0,86
		Coste Total			43,79
04.03	4.3	Carpintería metálica			
04.03.01	U23	PUERTA GARAGE Cierre enrollable de lamas de chapa de acero galvanizado, panel ciego, acabado sendzimir, 440x480 cm, apertura automática.			
	mt26cec010a	m2 Cierre metálico enrollable de lamas de chapa de acero galvanizado, panel ciego, de 0,6 mm de espesor, acabado sendzimir. Incluso cajón recogedor, ejes, guías, muelles y accesorios. Según UNE 85104	24,288	41,02	996,29
	mt26eem020	Ud Cerradura de seguridad al suelo para cierre enrollable	1,000	135,68	135,68
	mt26eem010	Ud Equipo de motorización para apertura y cierre automático, de cierre enrollable, incluso kit electrofreno, cuadro básico, tarjeta receptora, emisor monocanal y accesorios	1,000	509,90	509,90
	mo019	h Oficial 1ª construcción	0,106	17,24	1,83
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,247	15,92	3,93
	mo054	h Ayudante cerrajero	0,247	16,19	4,00
	mo017	h Oficial 1ª cerrajero	0,247	17,52	4,33
	mo002	h Oficial 1ª electricista	2,019	17,82	35,98
	mo094	h Ayudante electricista	2,019	16,10	32,51
	%	Costes indirectos	0,020	1.724,45	34,49
		Clase: Mano de Obra			82,58
		Clase: Material			1.641,87
		Clase: Medio auxiliar			34,49
		Coste Total			1.758,94
04.03.02	U24	LUCERNARIOS Lucernario revestido con placas alveolares de policarbonato celular incoloro y 6 mm de espesor.			
	mt21pc020	m Perfilera universal de aluminio, con gomas de neopreno, para cierres de juntas entre placas de policarbonato celular en lucernarios.	2,000	12,20	24,40
	mt21pc030	Ud Material auxiliar para montaje de placas de policarbonato celular en lucernarios	1,500	1,35	2,03
	mt13ipo110b	Placa translúcida plana de policarbonato, de 6 mm de espesor, con una transmisión de luminosidad del 90%	1,100	11,14	12,25
	mo047	h Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,091	17,82	1,62
	mo090	Ayudante montador de cerramientos industriales	0,091	16,13	1,47
	%	Costes indirectos	0,020	41,77	0,84
		Clase: Mano de Obra			3,09
		Clase: Material			38,68
		Clase: Medio auxiliar			0,84
		Coste Total			42,61

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Pág.: 10	
		Carpintería metálica		Ref.: proodp2a	
				Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
04.03.03	U25	VENTANAS Carpintería de acero galvanizado, en ventana practicable de dos hojas de 150x100 cm, perfilera con premarco.			
	mt26pem010	m Premarco de tubo rectangular de acero galvanizado para carpintería exterior	5,000	3,97	19,85
	mt26pfa015d	m2 Carpintería de acero galvanizado para ventana practicable de dos hojas, perfilera con carril para persiana, con perfiles conformados en frío de 1 mm de espesor, según UNE-EN 14351-1. Incluso p/p de junquillo para fijación del vidrio y herrajes de colgar y de seguridad	1,575	76,74	120,87
	mt15sja100	Ud Cartucho de masilla de silicona neutra	0,132	3,13	0,41
	mo017	h Oficial 1ª cerrajero	0,308	17,52	5,40
	mo054	h Ayudante cerrajero	0,161	16,19	2,61
	%	Costes indirectos	0,020	149,14	2,98
		Clase: Mano de Obra			8,01
		Clase: Material			141,13
		Clase: Medio auxiliar			2,98
		Coste Total			152,12
04.03.04	U26	VIDRIOS Doble acristalamiento estándar, 4/6/4, con calzos y sellado continuo			
	mt21veg011aaan2	m2 Doble acristalamiento estándar, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 6 mm, y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor.	1,006	19,40	19,52
	mt21vva015	Ud Cartucho de silicona sintética incolora de 310 ml (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho)	0,580	2,42	1,40
	mt21vva021	Ud Material auxiliar para la colocación de vidrios	1,000	1,26	1,26
	mo051	h Oficial 1ª cristalero.	0,344	18,62	6,41
	mo102	h Ayudante cristalero	0,344	17,42	5,99
	%	Costes indirectos	0,020	34,58	0,69
		Clase: Mano de Obra			12,40
		Clase: Material			22,18
		Clase: Medio auxiliar			0,69
		Coste Total			35,27

				Pág.: 11	
		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Ref.: procdp2a	
		Carpintería metálica		Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
04.03.05	U27	PUERTAS EXTERIOR Puerta cortafuegos de acero galvanizado homologada, EI2 60-C5, de una hoja, 1100x2000 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado con tratamiento antihuellas, con cierrapuertas para uso moderado, barra antipánico, llave y manivela antienganche para la cara exterior, electroimán			
	mt26pca020cia Ud	Puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 60-C5, según UNE-EN 1634-1, de una hoja de 63 mm de espesor, 1100x2000 mm de luz y altura de paso, para un hueco de obra de 1200x2050 mm, acabado galvanizado con tratamiento antihuellas formada por 2 chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia de lana de roca de alta densidad y placas de cartón yeso, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con junta intumescente y garras de anclaje a obra, incluso tres bisagras de doble pala regulables en altura, soldadas al marco y atornilladas a la hoja, según UNE-EN 1935, cerradura embutida de cierre a un punto, escudos, cilindro, llaves y manivelas antienganche RF de nylon color negro	1,000	303,02	303,02
	mt26pca100aa Ud	Cierrapuertas para uso moderado de puerta cortafuegos de una hoja, según UNE-EN 1154	1,000	97,02	97,02
	mt26pca110d Ud	Barra antipánico para puerta cortafuegos de una hoja, según UNE-EN 1125, incluso llave y manivela antienganche para la cara exterior de la puerta	1,000	82,58	82,58
	mt26pca130a Ud	Electroimán para puerta cortafuegos a 24 V, con caja de bornes, pulsador y placa de anclaje articulada, según UNE-EN 1155	1,000	54,90	54,90
	mo019 h	Oficial 1ª construcción	0,656	17,24	11,31
	mo072 h	Ayudante construcción	0,656	16,13	10,58
	mo002 h	Oficial 1ª electricista	0,101	17,82	1,80
	mo094 h	Ayudante electricista	0,101	16,10	1,63
	%	Costes indirectos	0,020	562,84	11,26
		Clase: Mano de Obra			25,32
		Clase: Material			537,52
		Clase: Medio auxiliar			11,26
		Coste Total			574,10
04.04	4.4	Ventilador			
04.04.01	U28	VENTILADOR Aspirador estático de chapa de acero, de 50x280 cm, para ventilación natural			
	mt20aen030ao	Aspirador estático de chapa de acero, de 50x280 cm, con capa de imprimación y capa de acabado con pintura de color a elegir, incluso p/p de elementos de anclaje y sujeción	1,000	1.061,68	1.061,68
	mo019 h	Oficial 1ª construcción	1,103	17,24	19,02
	mo104 h	Peón especializado construcción	0,551	16,25	8,95
	%	Costes indirectos	0,020	1.089,65	21,79
		Clase: Mano de Obra			27,97
		Clase: Material			1.061,68
		Clase: Medio auxiliar			21,79
		Coste Total			1.111,44

				Pág.: 12	
		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Ref.: proodp2a	
		Saneamiento		Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
05	CAP05	Saneamiento			
05.01	U29	CANALÓN PVC Canalón trapecial de PVC con óxido de titanio, de 110x100 mm, color blanco			
	mt36cap010hbbm	Canalón de PVC con óxido de titanio, de 110x100 mm, color blanco, según UNE-EN 607. Incluso p/p de soportes, esquinas, tapas, remates finales, piezas de conexión a bajantes y piezas especiales	1,100	4,95	5,45
	mt36cap040	Ud Material auxiliar para canalones y bajantes de instalaciones de evacuación de PVC	0,250	1,82	0,46
	mo007	h Oficial 1º fontanero	0,200	17,82	3,56
	mo099	h Ayudante fontanero	0,200	16,10	3,22
	%	Costes indirectos	0,020	12,69	0,25
		Clase: Mano de Obra			6,78
		Clase: Material			5,91
		Clase: Medio auxiliar			0,25
		Coste Total			12,94
05.02	U30	BAJANTES Bajante exterior resistente al fuego de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por PVC, serie B, de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo			
	mt36tiq011f	Ud Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3 m de longitud nominal	1,000	0,25	0,25
	mt36tiq010fc	m Tubo de PVC, serie B, según UNE-EN 1453-1, resistente al fuego (resistencia al fuego B-s1,d0 según UNE-EN 13501-1), de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor, 3 m de longitud nominal, con embocadura, junta pegada, con el precio incrementado el 5% en concepto de accesorios y piezas especiales	1,000	5,23	5,23
	mt36tiq012a	l Líquido limpiador para pegado mediante adhesivo de tubos y accesorios de PVC	0,004	13,12	0,05
	mt36tiq013a	kg Adhesivo para tubos y accesorios de PVC	0,002	17,38	0,03
	mo007	h Oficial 1º fontanero	0,137	17,82	2,44
	mo099	h Ayudante fontanero	0,068	16,10	1,09
	%	Costes indirectos	0,020	9,09	0,18
		Clase: Mano de Obra			3,53
		Clase: Material			5,56
		Clase: Medio auxiliar			0,18
		Coste Total			9,27
05.03	U31	TUBERIA RED SANEAMIENTO Acometida general de saneamiento a la red general del municipio, de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m ² , de 200 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo			
	mt01ara010	m3 Arena de 0 a 5 mm de diámetro	0,114	12,02	1,37
	mo007	h Oficial 1º fontanero	0,120	17,82	2,14
	mo099	h Ayudante fontanero	0,120	16,10	1,93
	mt11tpb030d	m Tubo de PVC liso, para saneamiento enterrado sin presión, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m ² , de 200 mm de diámetro exterior y 4,9 mm de espesor, según UNE-EN 1401-1	1,050	10,06	10,56
	%	Costes indirectos	0,020	16,00	0,32
		Clase: Mano de Obra			4,07
		Clase: Material			11,93
		Clase: Medio auxiliar			0,32
		Coste Total			16,32

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Pág.: 13	
		Saneamiento		Ref.: procdp2a	
				Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
05.04	U32	ARQUETAS Arqueta de paso, de hormigón en masa "in situ", registrable, de dimensiones interiores 50x50x50 cm, con tapa prefabricada de hormigón armado.			
	mt10hmf010kn	m3 Hormigón HM-30/B/20/I+Qb, fabricado en central, con cemento SR.	0,116	101,65	11,79
	mt11var110	Ud Conjunto de piezas de PVC para realizar en el fondo de la arqueta de paso los cauces correspondientes	1,000	5,95	5,95
	mt08epr030b	Ud Encofrado para formación de arquetas de sección cuadrada de 50x50x50 cm, realizado con chapas metálicas reutilizables, incluso p/p de accesorios de montaje	0,050	228,57	11,43
	mt11arf010a	Ud Tapa de hormigón armado prefabricada, 50x50x5 cm	1,000	10,00	10,00
	mo040	h Oficial 1ª construcción de obra civil	0,925	17,24	15,95
	mo082	h Ayudante construcción de obra civil	0,667	16,13	10,76
	%	Costes indirectos	0,020	65,88	1,32
		Clase: Mano de Obra			26,71
		Clase: Material			39,17
		Clase: Medio auxiliar			1,32
		Coste Total			67,20

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2			Pág.: 14
		Pavimentos y acabados			Ref.: procdp2a
					Fec.:
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
06	CAP06	Pavimentos y acabados			
06.01	U33	SOLERA DE HORMIGÓN Solera de hormigón armado de 20 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, extendido y vibrado manual, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 sobre separadores homologados, con acabado superficial mediante fratasadora mecánica.			
	mt07aco020e	Ud Separador homologado para soleras	2,000	0,04	0,08
	mt07ame010d	m2 Malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080	1,200	1,53	1,84
	mt10haf010nea	m3 Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	0,210	76,88	16,14
	mt16pea020b	m2 Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral recto, de 20 mm de espesor, resistencia térmica 0,55 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), para junta de dilatación	0,050	1,34	0,07
	mt14sja020	m Masilla bicomponente, resistente a hidrocarburos y aceites, para sellado de juntas de retracción en soleras de hormigón	0,800	1,02	0,82
	mq04dua020b	h Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,039	9,25	0,36
	mq06vib020	h Regla vibrante de 3 m	0,088	4,66	0,41
	mq06fra010	h Fratasadora mecánica de hormigón	0,552	5,06	2,79
	mq06cor020	h Equipo para corte de juntas en soleras de hormigón.	0,100	13,28	1,33
	mo019	h Oficial 1ª construcción	0,157	17,24	2,71
	mo072	h Ayudante construcción	0,157	16,13	2,53
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,078	15,92	1,24
	%	Costes indirectos	0,020	30,32	0,61
		Clase: Mano de Obra			6,48
		Clase: Maquinaria			4,89
		Clase: Material			18,95
		Clase: Medio auxiliar			0,61
		Coste Total			30,93
06.02	U34	ZAHORRAS Base de pavimento mediante relleno a cielo abierto con zahorra natural caliza, y compactación al 90% del Proctor Modificado con rodillo vibrante de guiado manual.			
	mt01zah010a	t Zahorra granular o natural, cantera caliza	2,200	8,66	19,05
	mq04dua020b	h Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,101	9,25	0,93
	mq02roa010a	h Rodillo vibrante de guiado manual, de 700 kg, anchura de trabajo 70 cm.	0,151	8,45	1,28
	mq02cia020j	h Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad	0,010	40,02	0,40
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,039	15,92	0,62
	%	Costes indirectos	0,020	22,28	0,45
		Clase: Mano de Obra			0,62
		Clase: Maquinaria			2,61
		Clase: Material			19,05
		Clase: Medio auxiliar			0,45
		Coste Total			22,73
06.03	U35	CAPA DE POLIETILENO Film de polietileno de 0,2 mm de espesor, preparado para recibir solera de hormigón.			
	mt17poa010b	m2 Film de polietileno de 0,20 mm de espesor	1,100	0,16	0,18
	mt16aaa030	m Cinta autoadhesiva para sellado de juntas	0,400	0,30	0,12
	mo050	h Oficial 1ª montador de aislamientos	0,151	17,82	2,69
	mo093	h Ayudante montador de aislamientos	0,151	16,13	2,44
	%	Costes indirectos	0,020	5,43	0,11
		Clase: Mano de Obra			5,13
		Clase: Material			0,30
		Clase: Medio auxiliar			0,11
		Coste Total			5,54

1.2 Mediciones descompuestas

U01. Limpieza y acondicionamiento del terreno.

Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad de 25 cm , con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

Unidad : m²

Dimensiones: 30 x 68 = 2040 m²

Total partida = 2040 m²

U02. Excavación del terreno.

Excavación en suelo con, medios naturales, hasta alcanzar las cotas de profundidad indicadas en el trabajo, retirada de los materiales excavados, carga a camión y transporte a vertedero específico. Se incluye en esta excavación los 10 cm de profundidad necesaria para verter el hormigón de limpieza en cada una de las zanjas y los pozos.

Unidad: m³

Zapatas esquinas : (2,1 x 2,1 x 0,65) x 4 = 11,47 m³

Zapatas pórticos fachadas : (2,3 x 2,3 x 0,65) x 6 = 20,63 m³

Zapatas pórtico interior : (3,35 x 1,6 x 0,8) x 18 = 77,18 m³

Vigas de atado : (0,4 x 0,5 x 3,15) x 20 = 12,60 m³

Vigas de atado : (0,4 x 0,5 x 3,8) x 8 = 6,08 m³

Excavación a cielo abierto : 24 x 50 x 0,4 = 480,00 m³

Todas las excavaciones incluyen el hueco para el hormigón de limpieza.

Total partida = 607,96 m³

U03. Hormigón armado en zanjas y pozos.

Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/Ila+Qa fabricado en central con cemento MR, vertido desde camión, y acero UNE EN 10080 B 500 SD cuantía 36 kg /m³ necesario para las barras corrugadas de la cimentación.

Unidad: m³

Vigas de atado : (0,4 x 0,4 x 3,8) x 8 = 4,86 m³

Vigas de atado : (0,4 x 0,4 x 3,15) x 20 = 10,08 m³

Zapatas esquinas : (2,1 x 2,1 x 0,55) x 4 = 9,70 m³

Zapatas pórticos fachadas : (2,3 x 2,3 x 0,55) x 6 = 17,46 m³

Zapatas pórtico interior : (3,35 x 1,6 x 0,7) x 18 = 67,54 m³

Total partida = 109,64 m³

En esta partida existe la posibilidad de decir que barras de acero corrugado se necesita (ferrallado), para ello se calcula la cuantía de acero en el hormigón.

Ferrallado

Unidad: kg

Acero B 500 SD , HA-30.

Ferrallado zapata aislada (listados): 3031,24 kg

Ferrallado vigas de atado (listados): 814,20 kg

Total ferrallado = 3845,44 kg

La cuantía necesaria es de $3845,44 \text{ kg} / 109,64 \text{ m}^3 = 35,07 \text{ kg/m}^3$, dato que se incluye en el generador de precios de CYPE.

U04. Hormigón limpieza

Capa de hormigón de limpieza HL-150/P/20 fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.

Unidad: m²Zapatas esquinas : $(2,1 \times 2,1) \times 4 = 17,64 \text{ m}^2$ Zapatas pórticos fachadas : $(2,3 \times 2,3) \times 6 = 31,74 \text{ m}^2$ Zapatas pórtico interior : $(3,35 \times 1,6) \times 18 = 96,48 \text{ m}^2$ Vigas de atado : $(0,4 \times 3,15) \times 20 = 25,20 \text{ m}^2$ Vigas de atado : $(0,4 \times 3,8) \times 8 = 12,16 \text{ m}^2$

El hormigón de limpieza se aplicará colocando un espesor de 10 cm.

Total partida =183,22 m²**U05. IPE 360**

Acero S 275 JR en elementos de pórticos interiores, con piezas simples de perfil laminado en caliente de la serie IPE, con uniones soldadas.

Unidad: kg

Total partida = 20606,50 kg

U06. Placas anclaje

Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 600x400 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 20 mm de diámetro y 50 cm de longitud total

Unidad: unidades

El total de kg es de 898,02 kg placas de anclaje (del pórtico interior, 18 x 49,89 kp) + 150,12 kg de los pernos (108 x 1,39 kp). Todo ello se incluye en el generador de pórticos junto con las medidas de las placas, la de los pernos, la cantidad de estos y el tipo de acero.

Total partida = 18 ud

U07. IPE270

Acero S 275 JR en pilar y jácena de fachada, con piezas simples de perfil laminado en caliente de la serie IPE, con uniones soldadas.

Unidad: kg

Total partida = 4793,61 kg

U08. Placas anclaje

Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 500x350 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 20 mm de diámetro y 35 cm de longitud total.

Unidad: unidades

Idem que U08, pero ahora los pórticos que se corresponden con estas placas son los de fachada.

Placa: 10 x 33,99 kp y pernos 60 x 1,02 kp.

Total partida = 10 ud

U09. L 80 x 80 x 8

Perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie L 80x8, con capa de imprimación anticorrosiva.

Unidad: m

El total de kg de este perfil en el pórtico de fachada es de 624,56 kg

Total de kg: 624,56 kg

Total = 64,685 m

Unidad: m

Primera diagonal: 26 m

Segunda diagonal: 28,2 m

Ya contadas las cuatro (de las dos fachadas).

Total = 53,20 m

Total =117,89 m

U10. # 120 x 100 x 4

Acero S 275 JR en montantes de los pórticos de fachada, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo # con uniones soldadas.

Unidad: kg

Por unidad: 72,94 kg

Cantidad: 8

Total partida = 583,52 kg

U11. L 75 x 75 x 6

Perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie L 75x6, con capa de imprimación anticorrosiva.

Unidad: m

Total de kg de este perfil: 404,28 kg

Total partida = 58,992 m

U12. L 60 x 60 x 5

Perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie L 60x5, con capa de imprimación anticorrosiva.

Unidad: m

Total de kg de este perfil: 205,64 kg

Total partida = 45,011 m

U13. # 120 x 100 x 4

Acero S 275 JR en montantes de la fachada lateral, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo # con uniones soldadas.

Unidad: kg

Por unidad: 72,94 kg

Cantidad: 4

Total partida = 291,76 kg

U14. IPN 160

Acero S275JR en viga perimetral con pieza simple de perfil laminado en caliente de la serie IPN 160, con uniones soldadas.

Unidad: kg

Total de m de la viga perimetral: 80 m

Total partida = 1431,84 kg

U15. Ø90 x 3

Acero S 275 JR en montantes de la fachada lateral, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo redondo, con uniones soldadas.

Unidad: kg

Kg por unidad: 32,18 kg

Cantidad: 4

Total partida = 128,72 kg

U16. Ø175 x 8

Acero S 275 JR en diagonales viga contraviento, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo redondo, con uniones soldadas.

Unidad: kg

Total partida = 2064,71 kg

U17. Ø90 x 3

Acero S 275 JR en montante viga contraviento, con piezas simples de perfil laminado en caliente tipo redondo, con uniones soldadas.

Unidad: kg

Kg por unidad: 32,18 kg

Cantidad: 2

Total partida = 64,36 kg

U18. Acero en correas metálicas para cubierta

Acero S235JRC en correas metálicas con piezas simples de perfil conformado en frío de la serie C, galvanizado y colocado en obra con tornillos.

Unidad: kg

Perfil: CF-140x3.0, S235 (datos incluidos en el generador de pórticos).

Cantidad: 16 correas

Peso lineal: 98,00 kg/m

Longitud total: 50 m

Total de kg: 50 x 98 = 4900 kg

Total partida = 4900 kg

U19. Acero en correas metálicas para laterales

Perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie IPE 100, con capa de imprimación anticorrosiva para formación de correas en fachadas laterales.

Unidad: m

Perfil: IPE 100, S275 (datos incluidos en el generador de pórticos).

Total de kg: 129,37 x 50 = 6468,5 kg

Longitud: 50 m

Cantidad de correas: 16

Metros totales: 50 x 16 = 800m

Total partida = 800 m

U20. Panel de hormigón

Cerramiento de fachada (laterales y parte inferior de principales), formado por placas alveolares de hormigón pretensado de 16 cm de espesor 1,6 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado en hormigón gris, montaje vertical.

Unidad: m²

Lado derecho: $50 \times 8 = 400 \text{ m}^2$

Lado izquierdo: 400 m^2

Parte baja de fachada trasera: $24 \times 3 = 72 \text{ m}^2$

Parte baja de fachada frontal: $19 \times 3 = 57 \text{ m}^2$

Total partida = 929 m²

U21. Fachada a base de panel tipo sándwich

Cerramiento de fachada formado por panel sándwich aislante para fachadas, de 40 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa nervada 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.

Unidad: m²

Cantidad: 44 paneles de 1,1 m de ancho x 9,2 m de alto

Trasera: $44 \times 1,1 \times 9,2 = 445,28 \text{ m}^2 - 144$

Total partida = 301,28 m²

U22. Cubierta a base de panel tipo sándwich

Cubierta inclinada de panel sándwich lacado+aislante+galvanizado de 40 mm de espesor, con una pendiente del 10%

Unidad: m²

Cubierta: $12,06 \times 50 \times 2 = 1206 \text{ m}^2$

Total partida = 1206 m²

U23. Puerta garaje

Cierre enrollable de lamas de chapa de acero galvanizado, panel ciego, acabado sendzimir, 440x480 cm, apertura automática

Unidad: unidades

Las medidas de la puerta se incluyen en el generador de precios.

Número de puertas de garaje = 1 ud

U24. Lucernarios

Lucernario revestido con placas alveolares de policarbonato celular incoloro y 6 mm de espesor.

Unidad: m²

Dimensiones lucernarios: 10 x 2 = 20 m²

Cantidad: 12

Total partida = 240 m²

U25. Ventanas

Carpintería de acero galvanizado, en ventana practicable de dos hojas de 150x100 cm, perfilería con premarco.

Unidad: unidades

Las medidas de las ventanas se incluyen en el generador de precios.

Número de ventanas = 18 ud

U26. Vidrios

Doble acristalamiento estándar, 4/6/4, con calzos y sellado continuo

Unidad: m²

Dimensiones vidrio: 1 x 1,5 = 1,5 m²

Cantidad: 18

Total partida = 27 m²

U27. Puertas exterior

Puerta cortafuegos de acero galvanizado homologada, EI2 60-C5, de una hoja, 1100x2000 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado con tratamiento antihuellas, con cierrapuertas para uso moderado, barra antipánico, llave y manivela antienganche para la cara exterior, electroimán

Unidad: unidades

Las medidas de las puertas exteriores se incluyen en el generador de precios.

Número total de puertas = 3 ud

U28. Ventilador

Aspirador estático de chapa de acero, de 50x280 cm, para ventilación natural

Unidad: unidades

Las medidas del ventilador se incluyen en el generador de precios

Número de ventiladores = 5 ud

U29. Canalón PVC

Canalón trapecial de PVC con óxido de titanio, de 110x100 mm, color blanco

Unidad: m

El espesor y la forma del canalón se incluyen en el generador de precios.

Metros de canalón: 50m

Cantidad: 2

Total partida = 100 m

U30. Bajantes

Bajante exterior resistente al fuego de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por PVC, serie B, de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.

Bajantes: (8+2) x 10 = 100

Total partida = 100 m

U31. Tubería red saneamiento

Acometida general de saneamiento a la red general del municipio, de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m², de 200 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo.

Unidad: m

Red horizontal: 50 + 50 = 100 m

Red vertical: 20 m

Total partida = 120 m

U32. Arquetas

Arqueta de paso, de hormigón en masa "in situ", registrable, de dimensiones interiores 50x50x50 cm, con tapa prefabricada de hormigón armado.

Unidad: unidades

Medidas en el plano número 4.

Número de arquetas = 12 ud

U33. Solera de hormigón

Unidad: m²

El espesor se introduce directamente en el generador de precios (20 cm)

Dimensión de solera: 50 x 24 = 1200 m²

Total partida = 1200 m²

U34. Zahorras

Base de pavimento mediante relleno a cielo abierto con zahorra natural caliza, y compactación al 90% del Proctor Modificado con rodillo vibrante de guiado manual

Unidad: m³

Capa de zahorras (volumen): 24 x 50 x 0,20 = 180 m³

Total partida = 240 m³

U35. Capa de polietileno.

Film de polietileno de 0,2 mm de espesor, preparado para recibir solera de hormigón.

Unidad: m²

Superficie: 50 x 24 = 1200 m²

Total partida = 1200 m²

1.3 Resumen capítulos

				Pág.: 1
		PRESUPUESTO RESUMIDO		Ref.: propre2
		Movimiento de tierras		Fec.:
N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
01	Movimiento de tierras			
01.01	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	2.040,00	0,71	1.448,40
01.02	EXCAVACIÓN DEL TERRENO	607,96	47,52	28.890,26
	Total Capítulo 01			30.338,66
02	Cimentaciones			
02.01	HORMIGÓN ARMADO EN ZANJAS Y POZOS - FERRALLADO -	109,64	167,10	18.320,84
02.02	HORMIGÓN DE LIMPIEZA	183,22	8,63	1.581,19
	Total Capítulo 02			19.902,03
03	Estructura			
03.01	Pórtico interior			
03.01.01	IPE 360	20.606,50	2,07	42.655,46
03.01.02	PLACAS DE ANCLAJE	18,00	88,56	1.594,08
	Total Capítulo 03.01			44.249,54
03.02	Pórtico de fachada			
03.02.01	IPE 270	4.793,61	2,07	9.922,77
03.02.02	PLACAS DE ANCLAJE	10,00	66,37	663,70
03.02.03	L 80 x 80 x 8	117,89	17,70	2.086,65
03.02.04	# 120 x 100 X 4	583,52	2,07	1.207,89
	Total Capítulo 03.02			13.881,01
03.03	Fachada lateral			
03.03.01	L 75 x 75 x 6	58,99	11,74	692,54
03.03.02	L 60 x 60 x 5	45,01	8,45	380,33
03.03.03	# 120 x 100 x 4	291,76	2,07	603,94
03.03.04	IPN 160	1.431,84	2,07	2.963,91
03.03.05	REDONDO 90 x 3	128,72	2,07	266,45
	Total Capítulo 03.03			4.907,17

			Pág.: 2	
		PRESUPUESTO RESUMIDO	Ref.: propre2	
		Arriostramiento cubierta	Fec.:	
N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
03.04	Arriostramiento cubierta			
03.04.01	REDONDO 175 x 8	2.064,71	2,07	4.273,95
03.04.02	REDONDO 90 X 3	64,36	2,07	133,23
	Total Capítulo 03.04			4.407,18
03.05	Correas			
03.05.01	ACERO EN CORREAS METÁLICAS PARA CUBIERTA	4.900,00	2,53	12.397,00
03.05.02	ACERO EN CORREAS METÁLICAS PARA LATERALES	800,00	12,88	10.304,00
	Total Capítulo 03.05			22.701,00
	Total Capítulo 03			90.145,90
04	Cerramientos			
04.01	Panel de hormigón			
04.01.01	PANEL DE HORMIGÓN	929,00	23,38	21.720,02
	Total Capítulo 04.01			21.720,02
04.02	Panel tipo sandwich			
04.02.01	FACHADA A BASE DE PANEL TIPO SANDWICH	301,28	59,83	18.025,58
04.02.02	CUBIERTA A BASE DE PANEL TIPO SANDWICH	1.206,00	43,79	52.810,74
	Total Capítulo 04.02			70.836,32
04.03	Carpintería metálica			
04.03.01	PUERTA DE GARAJE	1,00	1.758,94	1.758,94
04.03.02	LUCERNARIOS	240,00	42,61	10.226,40
04.03.03	VENTANAS	18,00	152,12	2.738,16
04.03.04	VIDRIOS	27,00	35,27	952,29
04.03.05	PUERTAS EXTERIOR	3,00	574,10	1.722,30
	Total Capítulo 04.03			17.398,09
04.04	Ventilador			
04.04.01	VENTILADOR	5,00	1.111,44	5.557,20
	Total Capítulo 04.04			5.557,20

		PRESUPUESTO RESUMIDO		Pág.: 3
		Ventilador		Ref.: propre2
				Fec.:
N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
	Total Capítulo 04	.....		115.511,63
05	Saneamiento			
05.01	CANALÓN PVC	100,00	12,94	1.294,00
05.02	BAJANTES	100,00	9,27	927,00
05.03	TUBERIA RED SANEAMIENTO	120,00	16,32	1.958,40
05.04	ARQUETAS	12,00	67,20	806,40
	Total Capítulo 05	.....		4.985,80
06	Pavimentos y acabados			
06.01	SOLERA DE HORMIGÓN	1.200,00	30,93	37.116,00
06.02	ZAHORRAS	240,00	22,73	5.455,20
06.03	CAPA DE POLIETILENO	1.200,00	5,54	6.648,00
	Total Capítulo 06	.....		49.219,20
	Total Presupuesto	.....		310.103,22

1.4 Resumen de partidas

		Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULO	Ref.: prores2
		Fec.:

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe
01	CAP01	Movimiento de tierras	30.338,66
02	CAP02	Cimentaciones	19.902,03
03	CAP03	Estructura	90.145,90
03.01	3.1	Pórtico interior	44.249,54
03.02	3.2	Pórtico de fachada	13.881,01
03.03	3.3	Fachada lateral	4.907,17
03.04	3.4	Arriostramiento cubierta	4.407,18
03.05	3.5	Correas	22.701,00
04	CAP04	Cerramientos	115.511,63
04.01	4.1	Panel de hormigón	21.720,02
04.02	4.2	Panel tipo sandwich	70.836,32
04.03	4.3	Carpintería metálica	17.398,09
04.04	4.4	Ventilador	5.557,20
05	CAP05	Saneamiento	4.985,80
06	CAP06	Pavimentos y acabados	49.219,20

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL 310.103,22

13% Gastos Generales 40.313,42

6% Beneficio Industrial 18.606,19

PRESUPUESTO BRUTO 369.022,83

21% I.V.A. 77.494,79

PRESUPUESTO LIQUIDO 446.517,62

Suma el presente presupuesto la cantidad de:

CUATROCIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL QUINIENTOS DIECISIETE EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

2. PRESUPUESTO INSTALACIONES

2.1 Precios descompuestos

				Pág.: 1	
		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Ref.: procdp2a	
		Instalacion contra incendios		Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
01	CAP01	Instalacion contra incendios			
01.01	U01	SEÑALIZACIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIOS Señalización de equipos contra incendios, mediante placa de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm			
	mt41sny020h	ud Placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm, según UNE 23033-1	1,000	7,00	7,00
	mt41sny100	ud Material auxiliar para la fijación de placa de señalización	1,500	0,30	0,45
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,221	15,92	3,52
	%	Costes indirectos	0,020	10,97	0,22
		Clase: Mano de Obra			3,52
		Clase: Material			7,45
		Clase: Medio auxiliar			0,22
		Coste Total			11,19
01.02	U02	SEÑALIZACIÓN DE MEDIOS DE EVACUACIÓN Señalización de medios de evacuación, mediante placa de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm			
	mt41sny020t	ud Placa de señalización de medios de evacuación, de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm, según UNE 23034	1,000	7,00	7,00
	mt41sny100	ud Material auxiliar para la fijación de placa de señalización	1,500	0,30	0,45
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,221	15,92	3,52
	%	Costes indirectos	0,020	10,97	0,22
		Clase: Mano de Obra			3,52
		Clase: Material			7,45
		Clase: Medio auxiliar			0,22
		Coste Total			11,19
01.03	U03	PULSADOR DE ALARMA Pulsador de alarma convencional de rearme manual, modelo P/440D "GOLMAR".			
	mo005	h Oficial 1º instalador de redes y equipos de detección y seguridad	0,501	17,82	8,93
	mo097	h Ayudante instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	0,501	16,10	8,07
	mt41pig110b	ud Pulsador de alarma convencional de rearme manual, modelo P/440D "GOLMAR", de ABS color rojo, protección IP 41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme, según UNE-EN 54-11.	1,000	12,00	12,00
	%	Costes indirectos	0,020	29,00	0,58
		Clase: Mano de Obra			17,00
		Clase: Material			12,00
		Clase: Medio auxiliar			0,58
		Coste Total			29,58
01.04	U04	ALARMA Sirena electrónica, de color rojo, para montaje interior, con señal acústica, modelo S/4461 "GOLMAR"			
	mt41pig130b	ud Sirena electrónica, de color rojo, para montaje interior, con señal acústica, modelo S/4461 "GOLMAR", alimentación a 24 Vcc, potencia sonora de 100 dB a 1 m y consumo de 14 mA, según UNE-EN 54-3	1,000	36,90	36,90
	mo005	h Oficial 1º instalador de redes y equipos de detección y seguridad	0,501	17,82	8,93
	mo097	h Ayudante instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	0,501	16,10	8,07
	%	Costes indirectos	0,020	53,90	1,08
		Clase: Mano de Obra			17,00
		Clase: Material			36,90
		Clase: Medio auxiliar			1,08
		Coste Total			54,98

		CUADRO DE PRECIOS Nº 2			Pág.: 2
		Instalacion contra incendios			Ref.: procdp2a
					Fec.:
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
01.05	U05	BIEs Boca de incendio equipada (BIE) de 25 mm (1") de superficie, compuesta de: armario de acero, acabado con pintura color rojo y puerta semiciega de acero, acabado con pintura color rojo; devanadera metálica giratoria fija; manguera semirrígida de 20 m de longitud; lanza de tres efectos y válvula de cierre, colocada en paramento, con toma adicional de 45 mm (1 1/2").			
	mt41bae010aaaud	Boca de incendio equipada (BIE) de 25 mm (1") de superficie, de 680x480x215 mm, compuesta de: armario construido en acero de 1,2 mm de espesor, acabado con pintura epoxi color rojo RAL 3000 y puerta semiciega con ventana de metacrilato de acero de 1,2 mm de espesor, acabado con pintura epoxi color rojo RAL 3000; devanadera metálica giratoria fija, pintada en rojo epoxi, con alimentación axial; manguera semirrígida de 20 m de longitud; lanza de tres efectos (cierre, pulverización y chorro compacto) construida en plástico ABS y válvula de cierre tipo esfera de 25 mm (1"), de latón, con manómetro 0-16 bar. Coeficiente de descarga K de 42 (métrico). Certificada por AENOR según UNE-EN 671-1.	1,000	361,34	361,34
	mt41bae200aud	Toma de 45 mm (1 1/2"), con válvula de asiento de latón, racor y tapón de aluminio	1,000	120,07	120,07
	mo007	h Oficial 1º fontanero	1,101	17,82	19,62
	mo099	h Ayudante fontanero	1,101	16,10	17,73
	%	Costes indirectos	0,020	518,76	10,38
		Clase: Mano de Obra			37,35
		Clase: Material			481,41
		Clase: Medio auxiliar			10,38
		Coste Total			529,14
01.06	U06	ROCIADOR Rociador automático colgante, respuesta normal con ampolla fusible, rotura a 68°C, de 1/2" DN 15 mm de diámetro de rosca, coeficiente de descarga K de 80 (métrico)			
	mt41roc010imud	Rociador automático colgante, respuesta normal con ampolla fusible de vidrio frágil de 5 mm de diámetro y disolución alcohólica de color rojo, rotura a 68°C, de 1/2" DN 15 mm de diámetro de rosca, coeficiente de descarga K de 80 (métrico), presión de trabajo 12 bar, acabado color bronce, según UNE-EN 12259-1	1,000	5,58	5,58
	mt41roc500ud	Accesorios y piezas especiales para conexión de rociador a red de distribución de agua	1,000	2,71	2,71
	mo007	h Oficial 1º fontanero	0,251	17,82	4,47
	mo099	h Ayudante fontanero	0,251	16,10	4,04
	%	Costes indirectos	0,020	16,80	0,34
		Clase: Mano de Obra			8,51
		Clase: Material			8,29
		Clase: Medio auxiliar			0,34
		Coste Total			17,14
01.07	U07	EXTINTOR PORTÁTIL Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-144B-C, con 9 kg de agente extintor.			
	mt41ixi010bud	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-144B-C, con 9 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, según UNE 23110	1,000	56,30	56,30
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,100	15,92	1,59
	%	Costes indirectos	0,020	57,89	1,16
		Clase: Mano de Obra			1,59
	Clase: Material			56,30	
	Clase: Medio auxiliar			1,16	
	Coste Total			59,05	

				Pág.: 3	
		CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Ref.: procdp2a	
		Instalacion contra incendios		Fec.:	
Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe
01.08	U08	EXTINTOR CON CARRO Extintor con carro, de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia ABC, con 25 kg de agente extintor.			
	mt41ixi020a	ud Extintor con carro, de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia ABC, con 25 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, según UNE 23110	1,000	260,89	260,89
	mo105	h Peón ordinario construcción	0,050	15,92	0,80
	%	Costes indirectos	0,020	261,69	5,23
		Clase: Mano de Obra			0,80
		Clase: Material			260,89
		Clase: Medio auxiliar			5,23
		Coste Total			266,92

2.2 Resumen capítulos

				Pág.: 1
		PRESUPUESTO RESUMIDO		Ref.: propre2
		Instalacion contra incendios		Fec.:
N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
01	Instalacion contra incendios			
01.01	SEÑALIZACIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIOS	15,00	11,19	167,85
01.02	SEÑALIZACIÓN DE MEDIOS DE EVACUACIÓN	3,00	11,19	33,57
01.03	PULSADOR DE ALARMA	6,00	29,58	177,48
01.04	ALARMA	2,00	54,98	109,96
01.05	BIEs	5,00	529,14	2.645,70
01.06	ROCIADOR	5,00	17,14	85,70
01.07	EXTINTOR PORTÁTIL	8,00	59,05	472,40
01.08	EXTINTOR CON CARRO	2,00	266,92	533,84
	Total Capítulo 01	.....		4.226,50
	Total Presupuesto	.....		4.226,50

2.3 Resumen de partidas

		Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	Ref.: prores2
		Fec.:

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe
01	CAP01	Instalacion contra incendios	4.226,50

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	4.226,50
13% Gastos Generales	549,45
6% Beneficio Industrial	253,59
PRESUPUESTO BRUTO	5.029,54
21% I.V.A.	1.056,20
PRESUPUESTO LIQUIDO	6.085,74

Suma el presente presupuesto la cantidad de:

SEIS MIL OCHENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

En Valencia, a 13 de junio de 2014

Fdo: La alumna

MIREIA FALOMIR ESTARELLES



PROYECTO ESTRUCTURAL Y DE INSTALACIONES DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1200 m² SITUADO EN PICASSENT

DOCUMENTO 4. BIBLIOGRAFÍA.



ÍNDICE:

1	CONSULTAS.....	3
---	----------------	---

1. CONSULTAS

- Generador de precios CYPE Ingenieros: www.generadordeprecios.info.
- www.insht.es. Líquidos inflamables.
- <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-4510>. BOE, modificación MIE.
- www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/.../ITC-MIE-APQ1.pdf. ITC MIE APQ1
- Catastro. Referencia catastral, recibo de contribución.
- Hormann. [www.hormann.es /fileadmin/hormann.es](http://www.hormann.es/fileadmin/hormann.es). Puertas de garaje
- www.panelsandwich.com. Paneles cubierta
- www.aenoe.es/aenor/normas/fichanorma
- www.geoteknia.com/normas/nte
- Guía técnica de aplicación. reglamento seguridad contra incendios. www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/.../ITC-MIE-APQ1.pdf
- Plegado de planos. [http://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com /2013/02/plegado-de-planos.pdf](http://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com/2013/02/plegado-de-planos.pdf)
- Construcción y arquitectura industrial. editorial UPV
- ETSII.upv.es. Normativa para TFG.
- Apuntes tecnología de construcción. 4º GITI
- Apuntes proyectos. 4º GITI
- Apuntes CYPE departamento CAI

En Valencia, a 13 de junio de 2014

Fdo: La alumna

MIREIA FALOMIR ESTARELLES

