



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

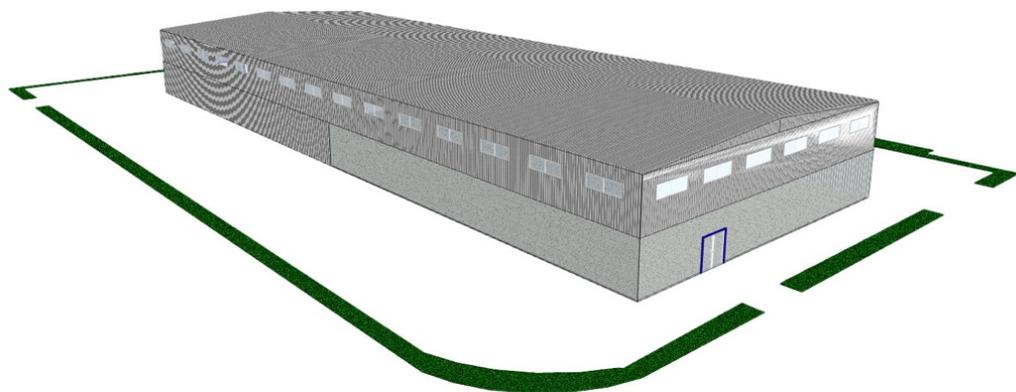
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE AUTOMÓVILES SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE MAHÓN EN MENORCA

AUTOR: Sara Franceschi
TUTOR: Carmen Ibáñez Usach
Selección 

Curso Académico: 2020-21

PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE AUTOMÓVILES SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE MAHÓN EN MENORCA



Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado tiene por objeto diseñar, calcular y presupuestar la estructura, cimentaciones y cerramientos de una nave industrial para un concesionario de coches, que incluye una zona de exposición, un taller y otra de oficinas para administración y venta.

La tipología del edificio es una nave a dos aguas con altillo. La nave se ubica en el polígono industrial de Mahón (POIMA), en Menorca.

El dimensionado de la estructura y de las cimentaciones y el presupuesto se realiza con el software CYPE Ingenieros. La edición de planos se lleva a cabo con AutoCad. Todos los cálculos y comprobaciones de los sistemas estructurales tienen en cuenta las vigentes normativas: Código Técnico de Edificación (CTE-DB-SE-A) y Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08).

Palabras clave: Edificio industrial, CYPE Ingenieros, estructura metálica, cimentación, Autodesk AutoCad.

Resum

El present Treball de Final de Grau té per objecte dissenyar, calcular i pressupostar l'estructura, cimentacions i tancaments d'una nau industrial per a un concessionari de vehicles, el qual inclou una zona d'exposició, un taller, i una zona d'oficines destinades a l'administració i venda.

La tipologia de l'edifici es una nau a dues aigües amb altell. La nau s'ubica al polígon industrial de Maó (POIMA), a Menorca.

El dimensionament de l'estructura i les cimentacions i el pressupost es realitza amb el software de CYPE Ingenieros. L'edició de plànols es du a terme amb AutoCad. Tots els càlculs i comprovacions del sistema estructural tenen en compte les normatives vigents: Código Técnico de Edificación (CTE-DB-SE-A) y Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08).

Paraules clau: Edifici industrial, CYPE Ingenieros, estructura metàlica, cimentació, Autodesk AutoCad.

Abstract

The purpose of this Final Degree Project is to design, calculate and budget the structure, foundations and enclosures of an industrial warehouse for a car dealership, which consists of an exhibition area, a workshop and an area for the administrative and sales offices.

The typology of the building is a gabled warehouse with a mezzanine floor. The warehouse is located in the industrial park of Mahón industrial park (POIMA), in Menorca.

The structure and foundations design and calculations, as well as the budget, are obtained by means of "CYPE Ingenieros" software. The structural plans edition is done with "AutoCad". All the calculations and verifications of the structural systems take into consideration the current regulations: Technical Building Code (CTE-DB-SE-A) and Spanish Instruction of Structural Concrete (EHE-08).

Keywords: Industrial building, "CYPE Ingenieros", metal structure, foundations, Autodesk AutoCad.



Índice

DOCUMENTO 1. MEMORIA DESCRIPTIVA	8
1. OBJETO Y MOTIVACIÓN DEL PROYECTO	9
2. INTRODUCCIÓN	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.2. Descripción de las necesidades.....	9
3. DISPOSICIÓN Y DIMENSIONES.....	10
4. LOCALIZACIÓN	10
4.1. Selección del municipio.....	10
4.2. Selección de la parcela	11
4.3. Análisis del plan general de ordenación urbana.....	12
5. MODELO Y SOLUCIÓN ESTRUCTURAL	14
5.1. Normativa	14
5.2. Acciones.....	15
5.2.1. Acciones permanentes (G)	15
5.2.2. Acciones variables (Q)	15
5.3. Materiales	16
5.3.1. Estructura metálica.....	16
5.3.2. Cimentaciones	17
5.3.3. Cerramientos	17
5.4. Geometría	17
5.5. Solución estructural.....	18
5.5.1. Cimentación.....	19
5.5.2. Estructura metálica.....	25
5.5.2. Cerramientos	32
6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	32
7. BIBLIOGRAFÍA	34
DOCUMENTO 2. ANEXO DE CÁLCULO.	35
1. ACCIONES	36
1.1. Acciones permanentes	36
1.2. Acciones variables	36
1.2.1. Sobrecarga de uso	36
1.2.2. Acciones climáticas.....	37
2. BASES DE CÁLCULO	40
2.1. Valor de las acciones	40
2.2. Combinación de acciones	40
2.3. Aptitud al servicio.....	41
2.4. Estados límite	41
2.4.1. Estados límite de servicio	41
2.4.2. Estados límite últimos	42
3. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SUBSISTEMAS ESTRUCTURALES	42
3.1. Cimentación.....	42
3.1.1. Zapatas	43
3.1.2. Vigas de atado	55
3.2. Placas de anclaje	56
3.3. Estructura metálica	60
3.3.1. Pórticos de fachada alineaciones 1 y 16.....	61
3.3.2. Pórticos interiores alineaciones del 2 al 4 y del 11 al 15	63
3.3.3. Pórticos interiores alineaciones del 5 al 10	65
3.3.4. Fachada lateral A	66
3.3.5. Cubierta	67
3.3.6. Altillo	68
3.3.7. Correas	71
DOCUMENTO 3. PRESUPUESTO.	81
1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DIVIDIDO POR CAPÍTULOS.....	82



<i>Capítulo 1. Acondicionamiento del terreno</i>	82
1.1. Movimiento de tierras.....	82
1.2. Nivelación.....	82
<i>Capítulo 2. Cimentaciones</i>	83
2.1. Regularización.....	83
2.2. Superficiales.....	83
2.3. Arriostramientos.....	83
<i>Capítulo 3. Estructura</i>	83
3.1. Acero perfiles de la nave.....	83
3.2. Acero placas de anclaje.....	84
3.3. Acero correas.....	85
3.4. Forjados.....	85
<i>Capítulo 4. Fachadas y particiones</i>	86
4.1. Fachadas ligeras.....	86
4.2. Particiones interiores.....	86
<i>Capítulo 5. Cubiertas</i>	87
5.1. Inclinas.....	87
<i>Capítulo 6. Pavimentos</i>	87
<i>Capítulo 7. Carpintería, cerrajería y vidrios</i>	88
7.1. Puertas.....	88
7.2. Ventanas.....	89
2. RESUMEN PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	89
3. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.....	90
4. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO.....	90
DOCUMENTO 4. PLANOS	91
1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	92
2. ESTRUCTURA COMPLETA.....	93
3. CIMENTACIÓN.....	94
4. CIMENTACIÓN. DETALLES ZAPATAS.....	95
5. CIMENTACIÓN. DETALLES VIGAS DE ATADO.....	96
6. DETALLES PLACAS DE ANCLAJE.....	97
7. ESTRUCTURA. PÓRTICOS DE FACHADA 1 Y 16.....	98
8. ESTRUCTURA. PÓRTICOS INTERIORES DE 2 A 4 Y DE 11 A 15.....	99
9. ESTRUCTURA. PÓRTICOS INTERIORES DE 5 A 10.....	100
10. ESTRUCTURA. FACHADA LATERAL A.....	101
11. ESTRUCTURA. FACHADA LATERAL H.....	102
12. ESTRUCTURA. DETALLES PLANOS FACHADA LATERAL H.....	103
13. ESTRUCTURA. FORJADO ALTILLO.....	104
14. ESTRUCTURA. ALZADO LATERAL ALTILLO.....	105
15. ESTRUCTURA. CUBIERTA.....	106
16. CERRAMIENTOS. FACHADAS FRONTALES.....	107
17. CERRAMIENTOS. FACHADAS LATERALES Y CUBIERTA.....	108



Documento 1. Memoria Descriptiva.



1. Objeto y motivación del proyecto

La finalidad del presente proyecto es la de diseñar y calcular la estructura de una nave industrial de 2025 m² que se utilizará principalmente para la venta de vehículos. Además, el trabajo incluye el presupuesto de la nave en cuestión. El edificio está situado en el polígono industrial de Mahón, en Menorca.

El proyecto se lleva a cabo con las herramientas CYPE ingenieros y AutoCad. Cabe destacar el cumplimiento de las normas de edificación vigentes que se encuentran en el Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-SE-A) y en la Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08).

La motivación del trabajo es la obtención del título universitario del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales. Este proyecto permite demostrar los conocimientos adquiridos por el autor, decantándose más por las asignaturas de Tecnología de la Construcción y Estructuras, por las que despierta más interés.

2. Introducción

2.1. Antecedentes

El trabajo surge de la necesidad de establecer una nueva sede para un concesionario con taller de coches en Menorca, para aumentar sus ventas en las Islas Baleares. Debido a las numerosas ventajas que ofrece el polígono industrial de Mahón, la nave se ubicará allí.

2.2. Descripción de las necesidades

Los requisitos mínimos del edificio proporcionados por el promotor son los siguientes:

- Espacio para la exposición de al menos 12 vehículos, con dos aseos, uno para clientes y otro para empleados
- Taller de reparaciones
- Ambos espacios deben estar separados para evitar malos olores, suciedad y ruidos no deseados
- Una zona de oficinas para servicios de venta y postventa
- Una zona de oficinas para la gestión del taller y aseo para trabajadores
- Ambas oficinas deben estar en su lado correspondiente de la nave, pero comunicadas, para un mejor flujo de información

Además, es altamente recomendable que la nave se ubique en un espacio con buena visibilidad y una gran afluencia de personas.

3. Disposición y dimensiones

Analizando las necesidades del promotor, los metros cuadrados necesarios para la zona de exposición se estiman en 1200. Para el taller, interesa disponer de al menos 800 m². Las zonas exposición y taller se separarán mediante una pared vertical.

En cambio, para el conjunto de despachos y aseos necesitaremos 140 m². Se cree conveniente situar esta zona a distinta altura, mediante un altillo, distribuyendo los coches a en la planta baja, y las oficinas en el primer piso.

Haciendo uso de estos datos se ha llegado a la siguiente solución de distribución en planta:

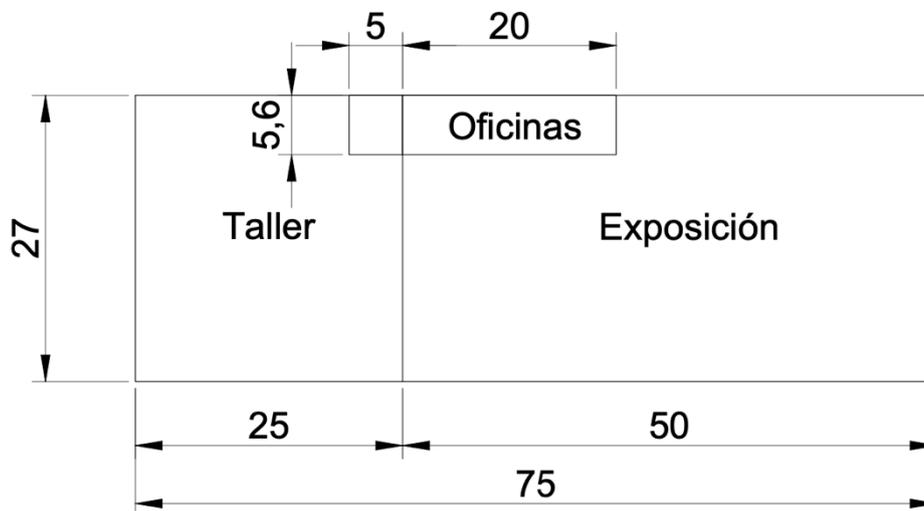


Figura 1. Distribución en planta. Cotas en metros.

4. Localización

4.1. Selección del municipio

Mahón no solo es la capital de la isla de Menorca sino también su centro de negocios. Es donde se encuentra el aeropuerto y el puerto, aumentando así la afluencia de potenciales clientes.

En el polígono industrial de Mahón (POIMA) se encuentran alrededor de 10 concesionarios de coches más, por esta razón es muy beneficioso situar el edificio allí, ya que los clientes suelen visitar más de un concesionario a la hora de comprar un coche, para poder hacer un estudio de mercado de los distintos vehículos.

Se descarta ubicar el concesionario en otro lugar del municipio ya que la comodidad del cliente sería mucho más reducida debido a la baja posibilidad de estacionamiento, proximidad y transporte público. Además, la tipología del edificio no permite ubicarlo en otra zona debido a la normativa urbanística vigente.

Debido a las numerosas ventajas anteriormente expuestas, la ubicación del concesionario será el polígono industrial de Mahón (POIMA).

4.2. Selección de la parcela

La parcela seleccionada para albergar el concesionario se encuentra en el número 1 de la Calle Artrutx-POIMA, en el polígono industrial de Mahón. Su referencia catastral es 6860704FE0166S0001DT. Dispone de una superficie total de 5756 m².



Figura 2. Localización de la parcela. Sede electrónica del Catastro.

El motivo principal de esta elección es que ambas fachadas de la parcela son muy visibles, una de ellas se encuentra en la carretera por la que se entra a la ciudad y la otra en la carretera que lleva al aeropuerto. Esto nos permite una excelente visibilidad debido a su afluencia y paso de vehículos. Además, esta ubicación está relativamente próxima a los otros concesionarios, y al centro urbano, evitando largos desplazamientos a los clientes.

La parcela nos permite ubicar perfectamente el concesionario cumpliendo con las normativas de urbanismo, ya que consta de 5756 m², 3731 m² más de los que ocupa el edificio, permitiendo así disponer de aparcamientos tanto para clientes como para empleados, además de una zona ajardinada cumpliendo con la normativa de urbanismo.

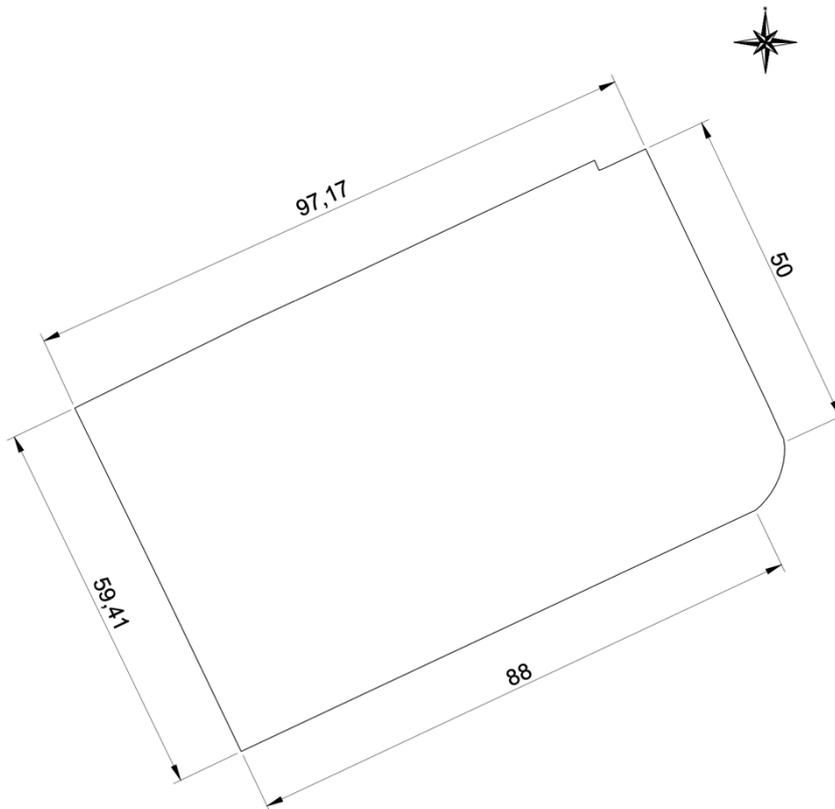


Figura 3. Dimensiones de la parcela. Cotas en metros.

4.3. Análisis del plan general de ordenación urbana

La parte del polígono industrial de Mahón de interés se corresponde con la zona 6.a. La normativa de aplicación es la siguiente:

Tabla 1. Normativa del plan general de ordenación urbana de la zona de interés.

DESCRIPCIÓN	REQUISITOS
Retranqueo a viales mínimo	5 m ajardinado
Retranqueo a linderos mínimo	3 m
Altura máxima	13 m
Cerramiento de parcelas máximo	Muros opacos: 0,5 m Vegetales: 1,8 m
Usos permitidos	Comercial, almacenamiento, industrial
Aparcamientos y maniobra de vehículos	10% de la superficie

Aplicando la normativa del plan general de ordenación urbana a la parcela seleccionada se obtiene una distribución que cumple sobradamente con todos los requisitos exigidos por la norma.

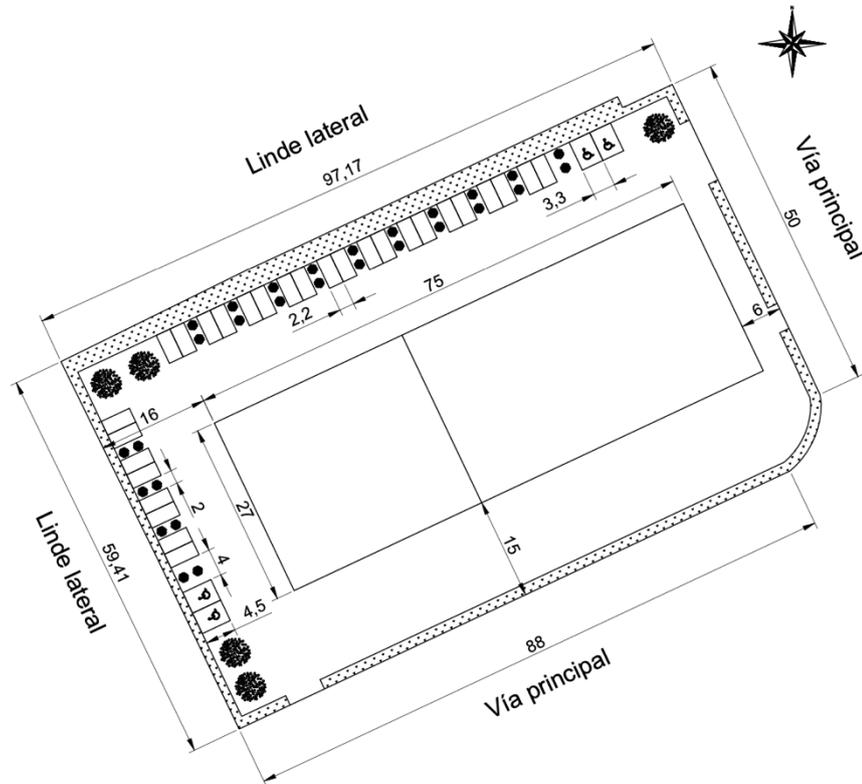


Figura 4. Distribución de la parcela. Cotas en metros.

Los valores establecidos son los que se exponen a continuación:

Tabla 2. Normativa del plan general de ordenación urbana aplicada a la parcela.

DESCRIPCIÓN	REQUISITOS	ESTABLECIDOS
Retranqueo a viales mínimo	5 m ajardinado	6 y 15 m ajardinados
Retranqueo a linderos mínimo	3 m	16 y 17 m ajardinados
Altura máxima	13 m	8,5 m
Cerramiento de parcelas máximo	Muros opacos: 0,5 m Vegetales: 1,8 m	Sin cerramiento
Uso	Comercial, almacenamiento, industrial	Comercial
Aparcamientos y maniobra de vehículos	575,6 m ²	1036,8 m ²

5. Modelo y solución estructural

A continuación, se detalla todo lo necesario para poder llegar a una solución estructural del problema teniendo en cuenta la normativa vigente. Empezando por crear un modelo estructural, condicionado por las acciones, los materiales y la geometría, y a través de los cálculos llegar al dimensionado que da pie la solución estructural.

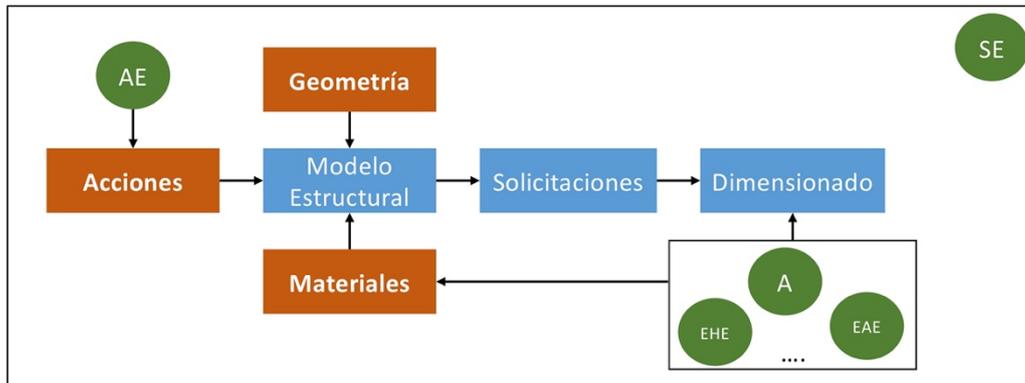


Figura 5. Secuencia lógica para el dimensionamiento estructural. Tecnología de la Construcción.

5.1. Normativa

Para la realización del proyecto es necesario cumplir con distintas normativas según la función de cada parte de la estructura.

Los requisitos de Exigencias Básicas de Seguridad Estructural que exige la normativa española son 28 y se encuentran redactados en el Código Técnico de Edificación (CTE), aprobado por el real Decreto 314/2006. Sin embargo, para resolver el cálculo de la estructura solamente se hace uso de las dos primeras:

- **CTE DB SE:** Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. RD 314/2006:
 - **SE-1:** Resistencia y estabilidad.
 - **SE-2:** Aptitud al servicio.

En los siguientes documentos se especifican las normativas que cumple el proyecto sobre los aceros, cimientos y acciones en la edificación. Éstas también se recogen en el Código Técnico de Edificación (CTE):

- **CTE DB SE-A:** Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Aceros. RD 314/2006.
- **CTE DB SE-C:** Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Cimientos. RD 314/2006.
- **CTE DB SE-AE:** Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación. RD 314/2006.

Con respecto al diseño y cálculo de las cimentaciones, se emplea también la siguiente normativa:

- **EHE-08:** Instrucción de Hormigón Estructural. RD 1247/2008.

Finalmente, el edificio cumple con la normativa de urbanismo de la parcela en la que se ubica:

- Normas Urbanísticas. Plan General de Ordenación Urbana. Modificación núm. 46 del PGOU de Maó, 16/12/2002. (Adaptación de las Directrices de Ordenación Urbana).

5.2. Acciones

Las acciones a considerar en la estructura se clasifican según su variación con respecto al tiempo, en acciones permanentes, variables y accidentales.

5.2.1. Acciones permanentes (G)

Las acciones permanentes son las que actúan en cada instante sobre el edificio con posición constante. Éstas se clasifican en acciones permanentes de magnitud constante y variable.

- **Peso propio:** peso debido a los elementos que conforman la estructura, representadas por su valor característico. El valor del peso propio de la estructura es de $0,3 \text{ kN/m}^2$, el de los cerramientos $0,15 \text{ kN/m}^2$, y el del forjado del altillo $2,25 \text{ kN/m}^2$.
- **Acciones reológicas:** estas se consideran despreciables.

En el Anexo de Cálculo se detalla todo lo necesario.

5.2.2. Acciones variables (Q)

Acciones que no siempre actúan sobre el edificio, causadas por el uso del mismo, o por acciones climáticas. Las acciones variables pueden ser representadas por su valor característico, de combinación, frecuente o casipermanente, siguiendo las indicaciones del CTE DB SE-AE. En el cálculo hay que considerar varias combinaciones de las distintas acciones variables tal como indica la norma. La clasificación de estas acciones es la siguiente:

- **Sobrecarga de uso:** hace referencia al peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso, excluyendo maquinaria pesada, bibliotecas etc. El

valor asignado a la sobrecarga de uso en zonas G1 es de $0,4 \text{ kN/m}^2$, en el atillo adopta un valor de 4 kN/m^2 por clasificarse como zona C (CTE DB SE-AE).

- Acciones climáticas:
 - Viento: acción debida a la fuerza del viento, varía según el emplazamiento geográfico, la altura y forma del edificio y según la orientación de la superficie y el punto de estudio.
 - Nieve: acciones debidas al depósito natural de nieve, si valor depende de la forma de la cubierta, y del emplazamiento geográfico entre otros.
 - Térmicas: ocasionadas por los cambios de temperatura ambiente, crean deformaciones en los elementos estructurales y son impedidas por las juntas de dilatación.

Todos los demás detalles se encuentran en el Anexo de Cálculo.

5.3. Materiales

5.3.1. Estructura metálica

Todas las barras que conforman la estructura metálica están fabricadas con acero del tipo S275, que contempla el CTE. El acero laminado S275, es un acero estructural de calidad básica de construcción, se caracteriza por tener buena tenacidad, gran dureza y resistencia además de buena soldabilidad.

Para las correas, el acero empleado es el S235, acero conformado, de buena soldabilidad, empleado habitualmente en estructuras metálicas.

Las principales características de los aceros empleados se recogen en la tabla siguiente:

Tabla 3. Propiedades aceros estructurales. CYPE Ingenieros.

CARACTERÍSTICAS	ACERO LAMINADO S275	ACERO CONFORMADO S235
E : Módulo de elasticidad	210 GPa	210 GPa
ν : Coeficiente de Poisson	0,3	0,3
G: Módulo de cortadura	81 MPa	
f_y : Límite elástico	275 MPa	235 MPa
α_t : Coeficiente de dilatación térmica	$1,2 * 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$	$1,2 * 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
γ: Peso específico	77,01 kN/m ³	

5.3.2. Cimentaciones

Para las cimentaciones, primero se necesita disponer de una capa de hormigón de limpieza, y a continuación se disponen las zapatas y vigas de atado fabricadas con hormigón armado. Los materiales empleados son los que se detallan a continuación:

- HL-150/B/30: Hormigón de limpieza, no estructural. Se deposita una capa de espesor de 10 cm sobre el terreno para impedir una posible contaminación del hormigón estructural además de prevenir su disecación. El uso de la solera de asiento es obligatorio, como se especifica en el CTE DB SE-C.
- HA-25/B/30/Ila: Hormigón armado estructural. Se trata del hormigón que conforma las zapatas del edificio. Tal como se detalla en el EHE-08, el coeficiente parcial de seguridad a emplear en los cálculos tiene un valor de 1,5.
- B500S: Acero corrugado. El coeficiente parcial de seguridad adopta un valor de 1,15, tal y como requiere la normativa EHE-08. En cuanto a propiedades, dispone de un límite elástico de 500 MPa, y es soldable con ductilidad normal tipo S.

Tabla 4. Propiedades hormigones. EHE-08.

CARACTERÍSTICAS	HORMIGÓN ARMADO	HORMIGÓN DE LIMPIEZA
Resistencia característica	25 N/mm ²	
Coeficiente parcial de seguridad	1,5	1,15
Dosificación mínima	250 kg/m ³	150 kg/m ³
Consistencia	Blanda	Blanda
Tamaño máximo de árido	30 mm	30 mm
Clase de exposición	Ila	

5.3.3. Cerramientos

5.4. Geometría

La geometría a resolver es la de una nave de pórticos rígidos a dos aguas de 27 metros de luz y una profundidad de 75 metros. La crujía se establece en 5 metros y la de fachada en 4,5. La altura de cumbrera y de los pilares son 8,5 y 7,5 metros respectivamente. La estructura está debidamente arriostrada con los sistemas pertinentes. El edificio además alberga un atillo de 140 m² con su correspondiente forjado unidireccional de viguetas metálicas.

A continuación, se muestra la geometría expuesta anteriormente:

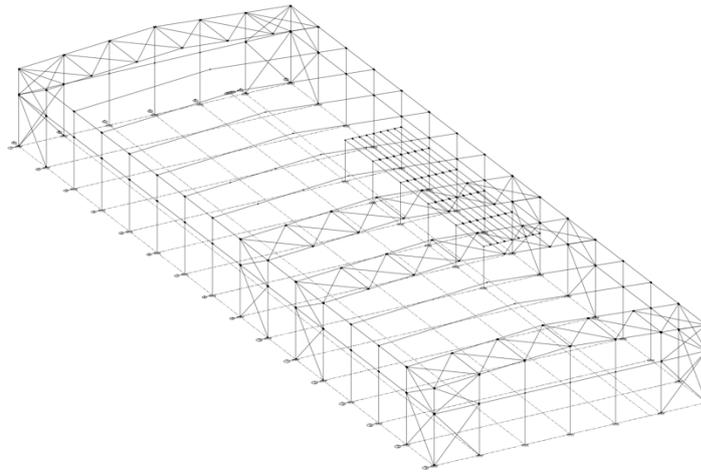


Figura 6. Geometría de la estructura.

5.5. Solución estructural

Finalizados los cálculos pertinentes, explicados detalladamente en el anexo de cálculo, la solución adoptada es la siguiente:

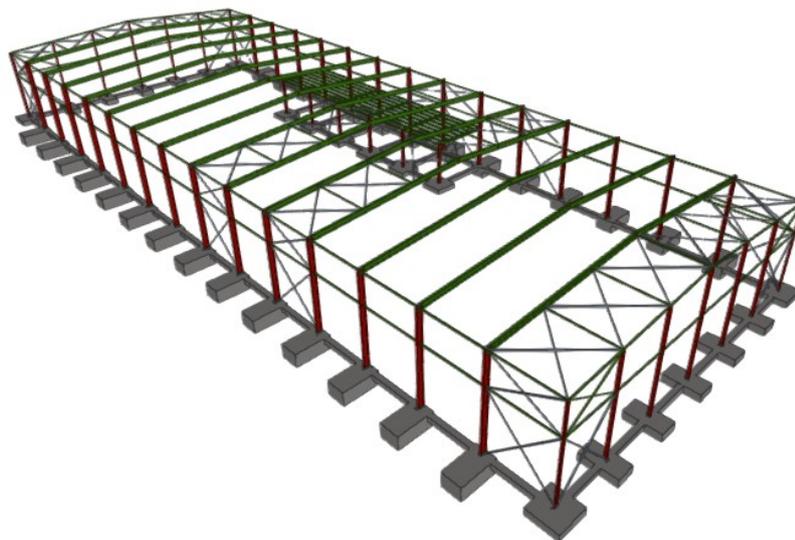


Figura 7. Solución estructural.

Se trata de una nave a dos aguas, con la geometría especificada anteriormente. Dispone de 16 pórticos en paralelo equidistantes entre sí, y 7 pilares en cada fachada frontal.

Está arriostrada mediante las Cruces de San Andrés y vigas contraviento tipo Pratt. Los arriostramientos intermedios, que permiten evitar los efectos térmicos gracias a las juntas de dilatación tipo coliso, se disponen de manera no simétrica debido a ubicación del altillo, ya que de disponerse de forma simétrica no se permitiría la dilatación porque la estructura estaría unida mediante las vigas del altillo. Cabe destacar que en ninguna de ambas partes de la estructura se superan los 40 metros de longitud, que es la establecida para el correcto posicionamiento y funcionamiento de las juntas de dilatación en esta estructura de acero.

El altillo tiene unas dimensiones de 25 metros de largo y 5,6 de ancho, y se encuentra a 4 metros de altura. Se sitúa en la parte posterior de la nave, en su cara norte. Empieza en la alineación número 5 y termina en la número 10. El forjado de viguetas metálicas del altillo se sostiene gracias a seis pilares y seis vigas, se trata de un forjado unidireccional, de vigueta metálica y piezas de entrevigado aligerantes, con intereje de 70 cm.

En la imagen que se muestra a continuación se pueden distinguir los distintos elementos que conforman la nave:

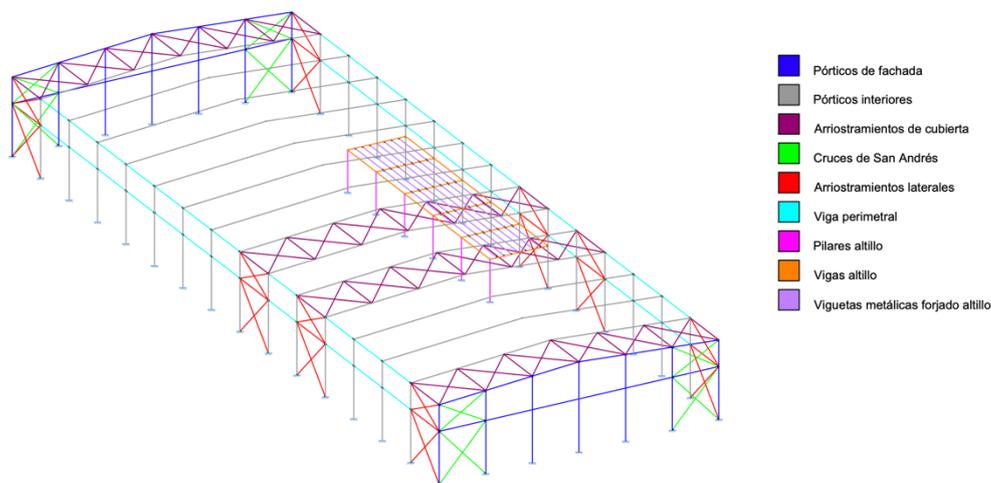


Figura 8. Elementos estructurales.

En los apartados siguientes se detallan todos los elementos que conforman tanto la estructura metálica como la cimentación de la misma.

5.5.1. Cimentación

La cimentación de la estructura está formada por distintas zapatas unidas entre sí por una viga de atado, construidas con hormigón armado. Para su dimensionado, de acuerdo con la norma EHE-08, se distingue entre:

- Estados Límite Últimos (ELU): hacen referencia al colapso total o parcial del terreno o el fallo estructural de la cimentación.
- Estados Límite de Servicio (ELS): contemplan las deformaciones del terreno por razones estéticas y de servicio.

En los Planos se encuentra más información al respecto, así como los detalles de las mismas.

La siguiente imagen detalla los distintos tipos de zapatas aisladas, así como su disposición.

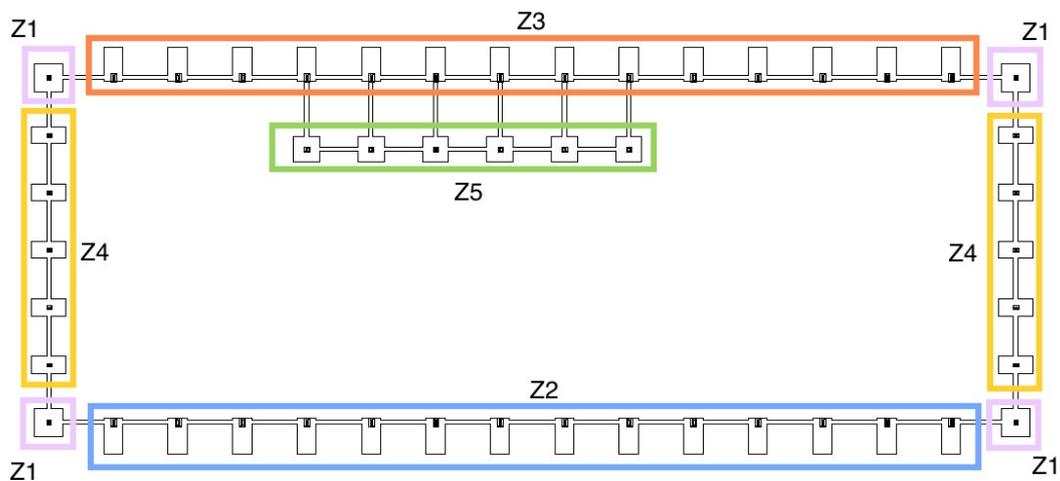


Figura 9. Disposición de los elementos de cimentación. CYPE Ingenieros.

5.5.1.1. Zapatas

Las zapatas aisladas crean una base para el pilar y garantizan la estabilidad de la estructura. En la estructura se utilizan cinco tipos distintos, con diferentes tipologías: cuadradas centradas y rectangulares excéntricas o centradas.

En el proyecto se distingue entre dos tipos de zapatas cuadradas centradas (Z1 y Z5). Las de tipo 1 sirven de apoyo a los pilares exteriores de los pórticos de fachada. Las de tipo 5 se sitúan debajo de los pilares que conforman el altillo.

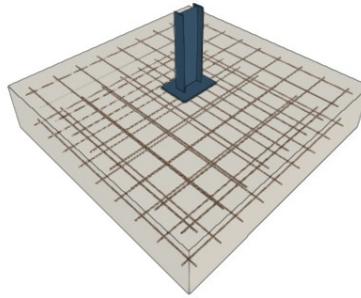


Figura 10. Zapata tipo 1. CYPE Ingenieros.

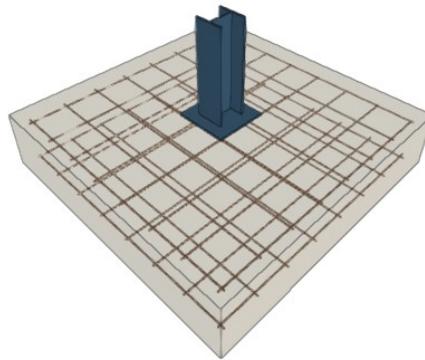


Figura 11. Zapata tipo 5. CYPE Ingenieros.

Las zapatas rectangulares excéntricas (Z2 y Z3) sostienen los pilares de los pórticos interiores. Su eje de crecimiento es el mismo que el de mayor momento, para optimizar así la cantidad de material necesario.

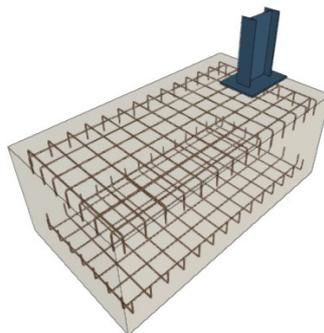


Figura 12. Zapata tipo 2. CYPE Ingenieros.

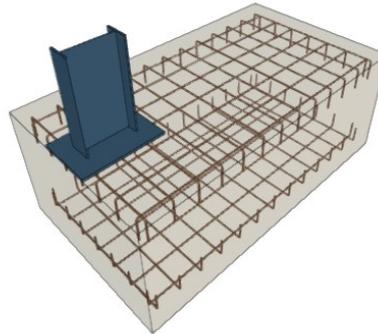


Figura 13. Zapata tipo 3. CYPE Ingenieros

Las zapatas rectangulares centradas (Z4) son las que se encuentran debajo de los pilares interiores de los pórticos de fachada. Al igual que las tipo 2 y 3, se dimensionan con el crecimiento sobre el eje de mayor momento, aplicando la lógica anterior.

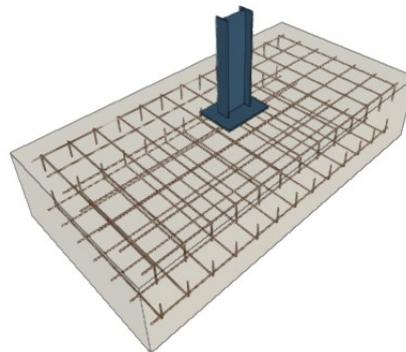


Figura 14. Zapata tipo 4. CYPE Ingenieros

Las características de las zapatas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Geometría y armado de las zapatas aisladas. CYPE Ingenieros.

Tipo	Geometría			Armado	
	Longitud (cm)	Anchura (cm)	Canto (cm)	X (mm/cm)	Y (mm/cm)
Z1	230	230	50	9Ø12c/25	9Ø12c/25
Z2	155	285	110	14Ø16c/20	7Ø16c/20
Z3	155	275	105	13Ø16c/21	7Ø16c/21
Z4	140	270	60	13Ø12c/20	7Ø12c/20
Z5	210	210	45	8Ø12c/27	8Ø12c/27

5.5.1.2. Viga de atado

La viga de atado une cada zapata con las más próximas, garantizando así la completa estabilidad de la estructura, como puede verse en el Plano 3. Todas las vigas de atado que se utilizan en el proyecto tienen la misma sección transversal y se corresponden con la siguiente figura:

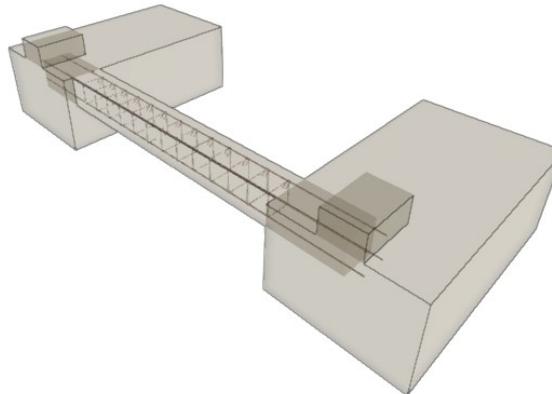
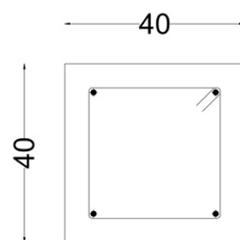


Figura 15. Viga de atado. CYPE Ingenieros.



C.1

Arm. sup.: 2Ø12

Arm. inf.: 2Ø12

Estribos: 1xØ8c/30

Figura 16. Sección transversal viga de atado. CYPE Ingenieros.

5.5.1.3. Placas de anclaje

La unión entre los pilares y la cimentación se realiza mediante las placas de anclaje. Éstas transmiten los esfuerzos actuantes sobre la estructura metálica a la cimentación.

Para soportar las solicitaciones (axil, cortante y momento) se refuerza la placa base, cuando es necesario, con cartelas rigidizadoras, evitando así la necesidad de disponer de un espesor excesivo en la placa base ya que eso aumentaría considerablemente su coste y dificultaría su transporte y maniobrabilidad. Además, los pernos empleados, que unen la placa a la cimentación, son del tipo roscado, con patillas a 90 grados.

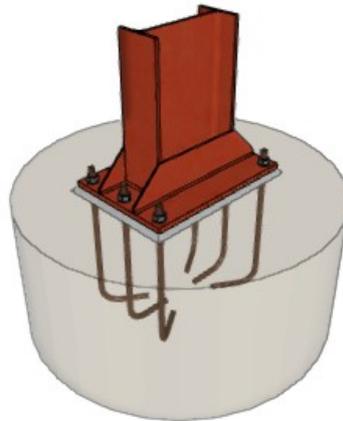


Figura 17. Placa de anclaje. CYPE Ingenieros

Para el dimensionamiento de las placas, detallado en el Anexo de Cálculo, se consideran los siguientes Estados Límite Últimos:

- ELU de Agotamiento del Apoyo.
- ELU de Agotamiento de la Placa a Flexión.
- ELU de Agotamiento de los Pernos.
- ELU de Anclaje de los Pernos.

En la estructura se diferencia entre dos tipos de placas de anclaje:

- Rectangulares: son las que unen los pilares tipo IPE, encontramos dos tipos, las de mayores dimensiones (PA2), que sujetan los pilares de los pórticos interiores (IPE 400), y las más pequeñas (PA1) para los pilares de los pórticos de fachada (IPE 220).
- Cuadradas: constituyen en arranque de los pilares HEB 220 del altillo (PA3).

A continuación, se detallan los distintos tipos de placas de anclaje empleadas, así como su disposición y características:

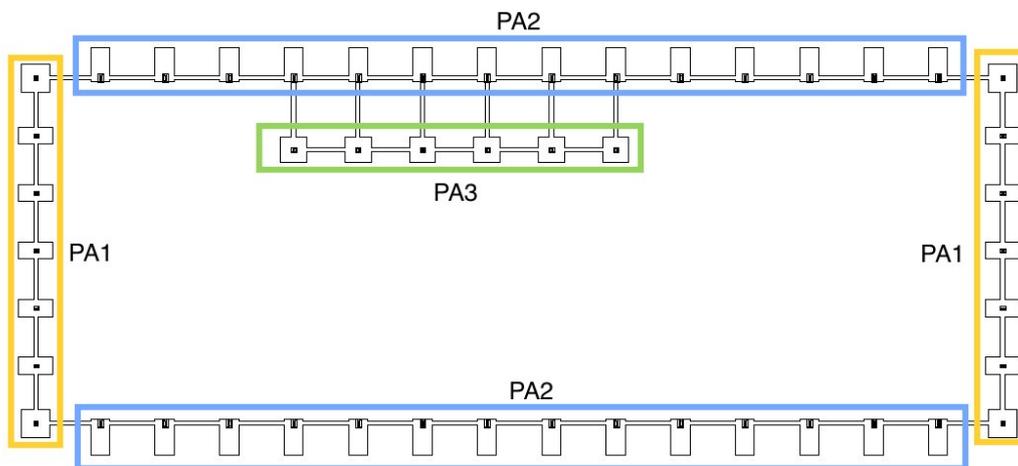


Figura 18. Disposición de los elementos de arranque. CYPE Ingenieros.

Tabla 6. Geometría de los elementos de arranque. CYPE Ingenieros.

TIPO	PLACA BASE			CARTELAS	PERNOS DE ANCLAJE	
	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Espesor (mm)	Espesor (mm)	Número	Diámetro (mm)
PA1	300	400	15	5	6	16
PA2	450	650	22	7	6	25
PA3	400	400	15	5	4	20

5.5.2. Estructura metálica

La estructura metálica engloba todas las barras que conforman el edificio, además de las correas. Para su dimensionamiento se ha procedido primero calculando el perfil mínimo requerido por los límites de esbeltez y a continuación aplicando los Estados Límite Últimos y de Servicio necesarios en cada caso. En el Anexo de Cálculo se encuentra todo el procedimiento y en los Planos los distintos detalles.



Figura 19. Estructura metálica sin correas. CYPE Ingenieros.

5.5.2.1. Pórticos de fachada

Los dos pórticos de fachada de la nave (1 y 16), son idénticos y están formados por cinco pilares interiores, dos pilares exteriores, cuatro cruces de San Andrés y seis montantes. La separación entre pilares de fachada es de 4,5 metros, la altura de la cabeza del pilar es de 7,5 metros y la de cumbrera 8,5 metros.

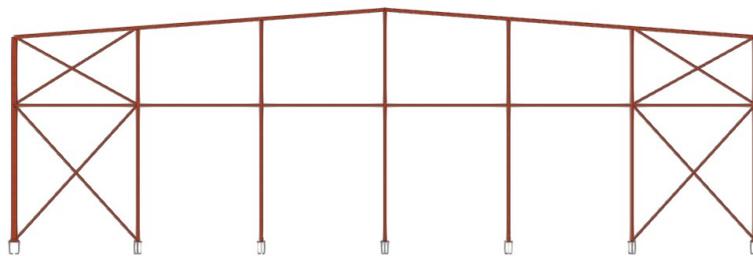


Figura 20. Pórtico de fachada (1 y 16). CYPE Ingenieros.

Los perfiles empleados son los siguientes:

- IPE 220: para los pilares, tanto interiores como exteriores.
- IPE 120: para las jácenas de fachada.
- SHS 80.3: tubos redondos, para los montantes.
- L 75.4: tirantes en forma de L para las cruces de San Andrés.

5.5.2.2. Pórticos interiores

Los pórticos interiores se dividen en 2 tipos diferenciados:

- Pórticos interiores en alineaciones no coincidentes con el altillo (del 2 al 4 y del 11 al 15). Cada pórtico está formado por dos pilares y una jácena, todos construidos con un perfil IPE 400.

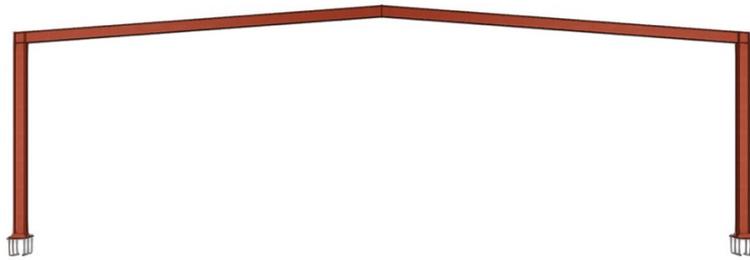


Figura 21. Pórtico interior (del 2 a 4 y del 11 a 15). CYPE Ingenieros.

- Pórticos interiores en alineaciones coincidentes con el altillo (del 5 al 10). Formados por los mismos pilares y jácenas IPE 400, pero además incluyen una viga de perfil HEB 240, y un pilar HEB 220, unidos entre sí para sostener el altillo.

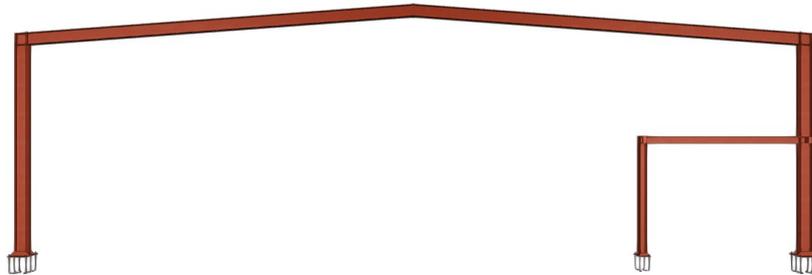


Figura 22. Pórtico interior (del 5 al 10). CYPE Ingenieros.

5.5.2.3. Fachadas laterales

Las fachadas laterales están construidas a base de pilares, separados 5 metros entre ellos, y unidos entre sí por los sistemas de arriostramiento y la viga perimetral. Cabe destacar la existencia de las juntas de dilatación tipo coliso que se detallan en los Planos.

Ambas fachadas laterales son muy similares, sin embargo, se clasifican en dos tipos:

- Fachada lateral A: no coincide con las vigas del altillo.

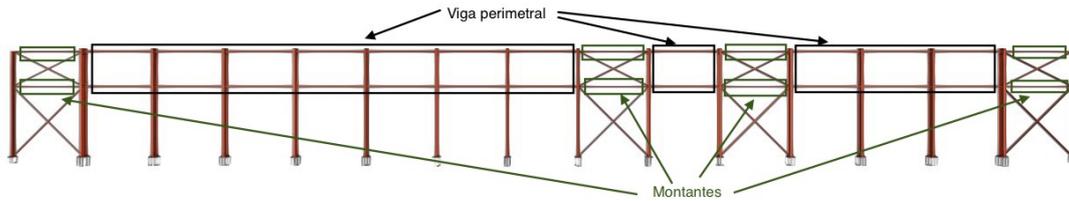


Figura 23. Fachada lateral A. CYPE Ingenieros.

- Fachada lateral H: incluye las vigas del altillo construidas con el perfil IPE 200.

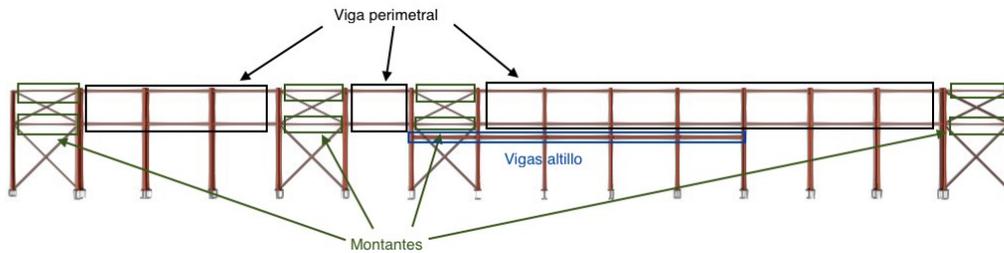


Figura 24. Fachada lateral H. CYPE Ingenieros.

Las fachadas laterales están arriostradas con los perfiles siguientes:

- SHS 80.3: tubo cuadrado para los montantes.
- L 75.4: tirantes en forma de L para las cruces de fachada lateral.
- IPE 120: para la viga perimetral.

5.5.2.4. Cubierta

La nave se cubre con la cubierta, de pendiente 4,24°, formada por las distintas jácenas y su respectivo sistema de arriostramiento.

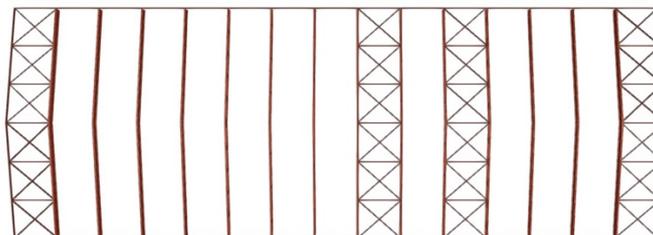


Figura 25. Cubierta. CYPE Ingenieros.

Los perfiles empleados para el arriostramiento son:

- IPE 120: para la viga perimetral.

- SHS 80.3: tubo cuadrado para los montantes de la viga contra viento.
- L 75.4: tirantes en forma de L para las cruces de cubierta.

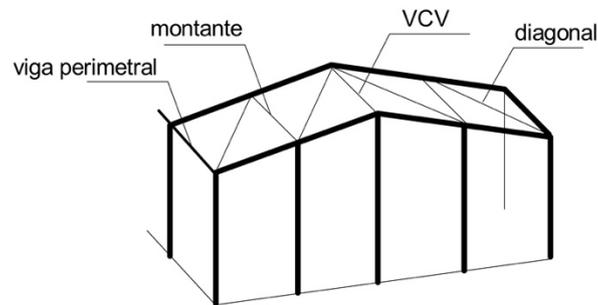


Figura 26. Disposición arriostramiento de cubierta. Tecnología de la Construcción.

En la figura anterior solo aparecen dispuestas las diagonales en un sentido, sin embargo, en la práctica se observa cómo las diagonales se duplican para absorber los dos posibles sentidos del viento.

5.5.2.5. Altillo

El altillo se sitúa entre las alineaciones 10 y 15 en la dirección longitudinal de la nave, G y H en la transversal, a 4 metros de altura. Está formado por seis pilares de 4 metros y otros seis que conforman los pórticos interiores. Estos pilares soportan a las vigas, que los unen entre sí.

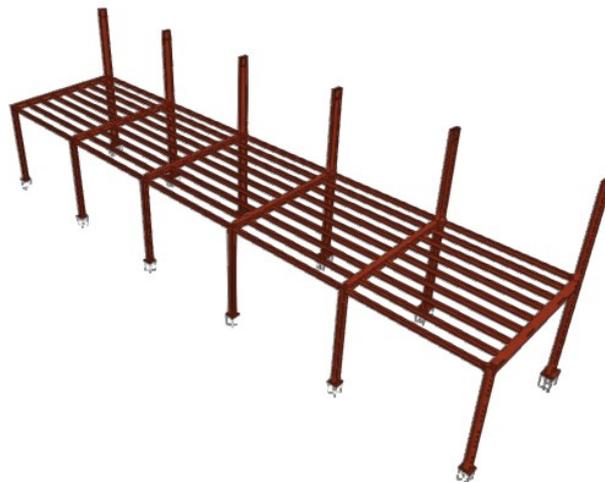


Figura 27. Estructura metálica altillo. CYPE Ingenieros.

El altillo, de viguetas metálicas, de $2,25 \text{ kN/m}^2$ de peso, se sostiene gracias a las viguetas unidireccionales, separadas por un interese de 70 cm.

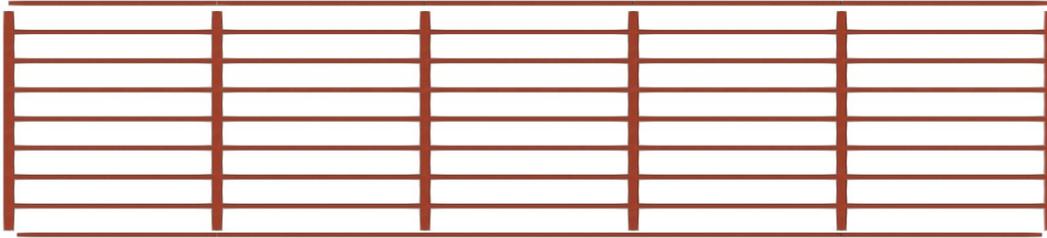


Figura 28. Forjado altillo. CYPE Ingenieros.

Los perfiles empleados para el altillo son los siguientes:

- IPE 400: para los pilares de los pórticos interiores.
- HEB 220: para los pilares de 4 metros.
- IPE 200: para las viguetas.
- HEB 240: para las vigas.

En los Planos 13 y 14 se detalla todo lo necesario.

5.5.2.6. Correas

Las correas se sitúan tanto en la cubierta como en los laterales, se necesitarán un total de 26 alineaciones de correas para completar la estructura. Todas ellas están construidas con el mismo perfil CF 180.2,5, orientado, como se ilustra en los Planos.

- Correas en cubiertas: la estructura se compone de 16 alineaciones de correas de cubierta, separadas 1,93 metros entre ellas.
- Correas en laterales: en cada lateral se encuentran 5 correas, separadas 1,70 metros, necesitando un total de 10 alineaciones de correas laterales.

Las correas de cubierta se unen a las jácenas mediante un ejión de anclaje. Estas juntas, cuando es necesario, se utilizan como junta de dilatación en la alineación 11, como se ha descrito anteriormente, en estos casos, los agujeros son de tipo coliso. En las siguientes fotos se muestran los dos tipos de ejión de anclaje empleados en la estructura.

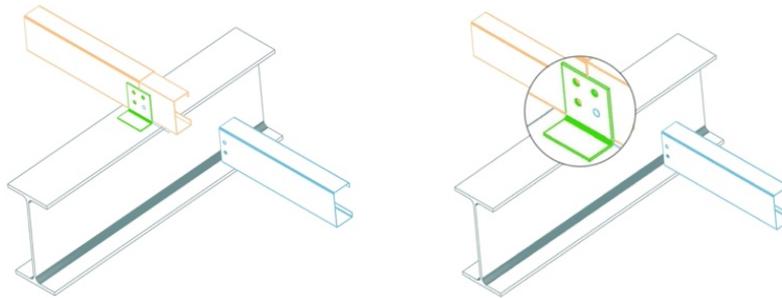


Figura 29. Detalle ejón de anclaje correas en cubierta. CAD Estructuras.

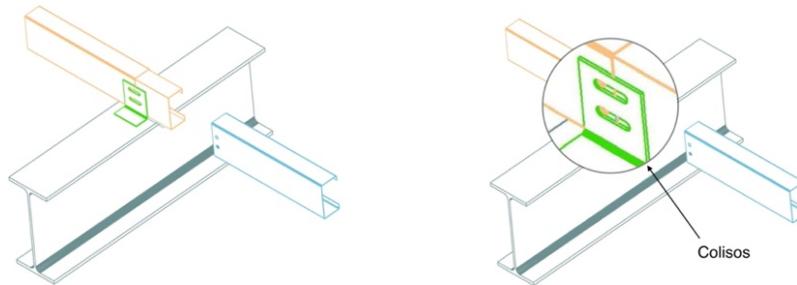


Figura 30. Detalle ejón de anclaje correas en cubierta, zona junta de dilatación. CAD Estructuras.

Tal y como se detalla en el Anexo de Cálculo el procedimiento seguido se basa en primero calcular el perfil necesario imponiendo una separación de correas en cubierta próxima a 2 metros, y a continuación se calcula la separación óptima de las correas en los laterales manteniendo el mismo tipo de perfil obtenido.

5.5.2.7. Síntesis de perfiles empleados

Los perfiles descritos en los apartados anteriores y sus dimensiones y características se recogen en la tabla siguiente:

Tabla 7. Perfiles empleados en la estructura. CYPE Ingenieros.

TIPO		MATERIAL		PERFIL	
Barra	Situación	Tipo	Designación	Tipo	Serie
Pilares	Pórticos de fachada	Acero laminado	S275	IPE	220
	Pórticos interiores	Acero laminado	S275	IPE	400
	Altillo	Acero laminado	S275	HEB	220
Jácnas	Pórticos de fachada	Acero laminado	S275	IPE	120
	Pórticos interiores	Acero laminado	S275	IPE	400
Arriostramiento	Viga perimetral	Acero laminado	S275	IPE	120

	Montantes	Acero laminado	S275	SHS	80.3
	Diagonales	Acero laminado	S275	L (tirante)	75.4
Atillo	Vigas	Acero laminado	S275	HEB	240
	Viguetas	Acero laminado	S275	IPE	200
Correas	Laterales y cubierta	Acero conformado	S235	CF	180.2,5

5.5.2. Cerramientos

Los cerramientos se materializan principalmente con panel sándwich formados por paneles prefabricados con núcleo de lana de roca. Gracias a su bajo peso propio, éstos son fáciles de manipular e instalar. Estos paneles se fijan a las correas mediante tornillos de fijación.

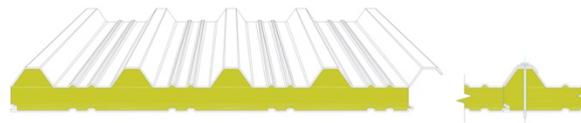


Figura 31. Panel Sándwich. CAD Estructuras.

Los cerramientos de cubierta se componen únicamente de panel sándwich. En cambio, los cerramientos laterales, además de los paneles también están formados por partes de vidrio templado de 8mm de espesor, que constituyen el escaparate y las ventanas.

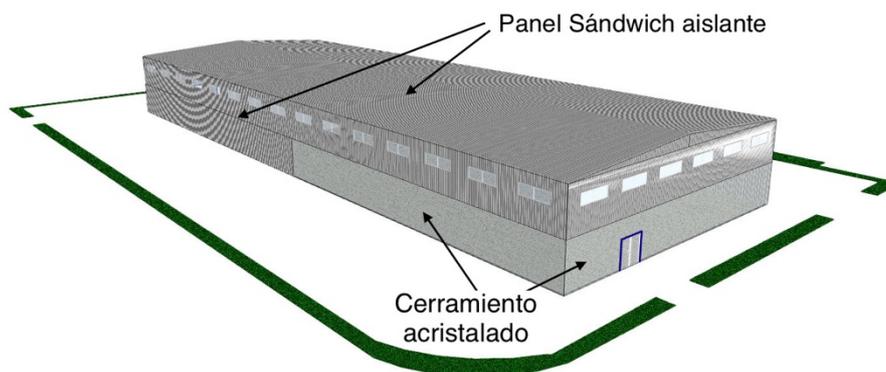


Figura 32. Tipos de cerramientos y disposición. BIM Server Center.

6. Resumen del presupuesto

Cap 1. Acondicionamiento del terreno 92.618,05 €

1.1. Movimiento de tierras 15.688,30 €

1.2. Nivelación 76.929,75 €



Cap 2. Cimentación 34.401,22 €

- 2.1. Regularización 2.357,34 €
- 2.2. Superficiales 22.775,03 €
- 2.3. Arriostramientos 9.268,85 €

Cap 3. Estructura 209.753,15 €

- 3.1. Acero perfiles de la nave 149.641,71 €
- 3.2. Acero placas de anclaje 8.659,66 €
- 3.3. Acero correas 29.120,03 €
- 3.4. Forjados 10.031,00 €
- 3.5. Escaleras 12.300,75 €

Cap 4. Fachadas y particiones 204.767,21 €

- 4.1. Fachadas ligeras 187.800,95 €
- 4.2. Particiones interiores 16.966,26 €

Cap 5. Cubiertas 104.281,10 €

Cap 6. Pavimentos 63.335,25 €

Cap 7. Carpintería, cerrajería y vidrios 52.999,54 €

- 7.1. Puertas 11.602,87 €
- 7.2. Ventanas 36.206,52 €

Presupuesto de ejecución material (PEM): 762,155,52 €

12% Gastos generales: 91.458,52 €

6% Beneficio industrial: 45.729,33 €

Presupuesto de ejecución por contrata (PEC): 899.343,51 €

21% IVA: 188.862,14 €

Presupuesto base de licitación (PBL): 1.088.205,65 €

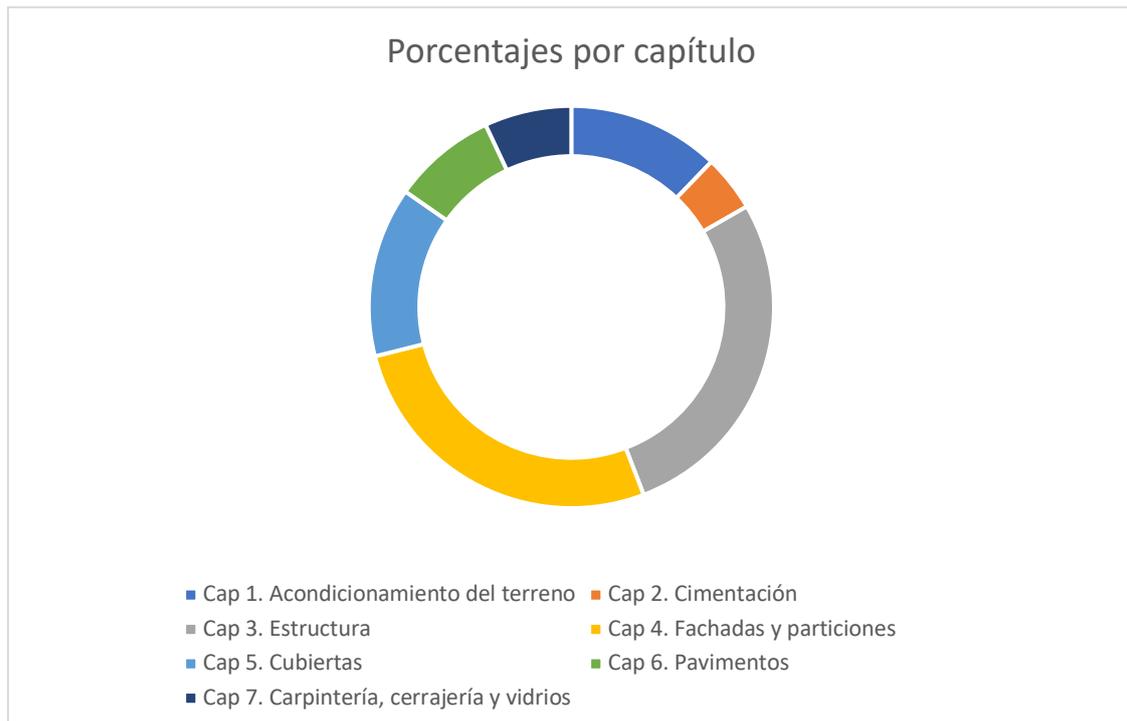


Figura 33. Gráfico de porcentajes por capítulo.

Como se observa en el gráfico, la estructura abarca el 28% de los gastos, ya que se necesitan altas cantidades de acero para conformarla. Los cerramientos representan un 41% sobre el total, distribuyéndose un 27% en la fachada y un 14% en la cubierta. El resto se corresponde con las divisiones interiores, carpintería y cerrajería, pavimentos, además de cimentaciones y actuaciones previas.

7. Bibliografía

- [1] Código Técnico de la Edificación (CTE). RD 314/2006. (17 de marzo de 2006).
- [2] EHE-08, Instrucción de Hormigón Estructural. RD 1247/2008. (18 de julio de 2008)
- [3] Normas Urbanísticas. Plan General de Ordenación Urbana. Modificación núm. 46 del PGOU de Maó. (16 de diciembre de 2002).
- [4] Sede Electrónica del Catastro. <https://www.sedecatastro.gob.es>
- [5] Memoria de cálculo de CYPE 3D.
- [6] Planos CYPE 3D.
- [7] Apuntes Tecnología de la Construcción GITI.
- [8] Manual CYPE 3D, CAD Estructuras GITI.



Documento 2. Anexo de Cálculo.



1. Acciones

El documento DB SE-AE de Acciones en la Edificación constituye la base que se emplea para determinar las acciones actuantes sobre la estructura.

Las acciones son perturbaciones que tienden a cambiar el estado actual de un sistema. Sus efectos se traducen en tensiones, deformaciones, sollicitaciones y flechas.

Las acciones se clasifican en permanentes y variables.

1.1. Acciones permanentes

Acciones de posición y magnitud fija con respecto del tiempo.

En la estructura del presente proyecto, el peso propio es la única acción permanente a considerar. Su valor, representado por su valor característico, se descompone en distintas partes:

- Cerramientos: un peso total $0,15 \text{ kN/m}^2$ introducido en el software, se corresponde con el peso del panel sándwich más tornillería y accesorios de montaje.
- Peso propio de la estructura: calculado por el software automáticamente en función de los perfiles empleados. A excepción del forjado, que se introduce manualmente un valor de $2,25 \text{ kN/m}^2$, que se corresponde con el peso del solado (1 kN/m^2) además del peso de la capa de compresión de hormigón ($1,25 \text{ kN/m}^2$), el peso de las viguetas lo calcula el software automáticamente como el resto de barras.

1.2. Acciones variables

Acciones que pueden o no actuar sobre la estructura, se clasifican en sobrecarga de uso y acciones climáticas.

1.2.1. Sobrecarga de uso

Peso de todo aquello que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso, se consideran como una carga uniformemente distribuida. En función de la zona del edificio a calcular adopta distinto valor:

- Cubierta: valor de 0,4 kN/m², cubierta accesible solo para tareas de mantenimiento, no concomitante con el resto de acciones variables (categoría G1).
- Forjado del altillo: valor de 2,25 kN/m², zona de acceso al público (categoría C).

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

Figura 34. Valores sobrecarga de uso. CTE.

1.2.2. Acciones climáticas

En el cálculo de la estructura se consideran las siguientes acciones climáticas: las debidas al viento y las debidas a la nieve. Para estimar su valor es necesario identificar previamente la ubicación de la nave ya que el emplazamiento influye sobre éste.

En el edificio en cuestión se obtienen los siguientes valores:

Tabla 8. Características del emplazamiento.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Altitud (H)	63 m
Zona climática de invierno (ZC)	5
Zona eólica (ZE)	C
Grado de aspereza del entorno (G)	IV

1.2.2.1. Viento

Tal y como se explica en el CTE DB SE-AE “La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.”

La acción del viento puede expresarse como:

$$q_e = q_b * c_e * c_p \quad (1)$$

- Presión dinámica del viento (q_b): varía en función del emplazamiento geográfico. El valor correspondiente a la zona C es de $0,53 \text{ kN/m}^2$.

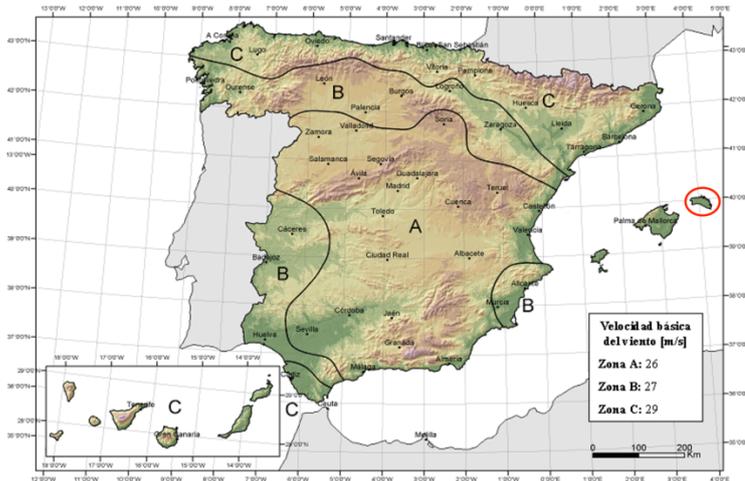


Figura 35. Mapa zonas eólicas España. CTE.

- Coeficiente de exposición (c_e): varía en función del grado de aspereza del entorno, el valor es calculado por el software mediante los datos proporcionados en el anejo D.

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Figura 36. Parámetros para el cálculo del coeficiente de exposición. CTE.

- Coeficiente eólico (c_p): varía en función de la forma y la orientación de la superficie a calcular, puede ser de succión o de presión y su valor se obtiene de las tablas del anejo D del CTE DB-SE-AE.

Los casos de viento considerados por el software en el cálculo son los siguientes:

1. $V(0^\circ) \text{ H1}$: Viento a 0° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior.
2. $V(0^\circ) \text{ H2}$: Viento a 0° , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior.
3. $V(90^\circ) \text{ H1}$: Viento a 90° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior.
4. $V(90^\circ) \text{ H2}$: Viento a 90° , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior.
5. $V(180^\circ) \text{ H1}$: Viento a 180° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior.

6. **V(180°) H2:** Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior.
7. **V(270°) H1:** Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior.
8. **V(270°) H2:** Viento a 270°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior.

1.2.2.2. Nieve

Según el CTE DB SE-AE: “La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.”

La acción de la nieve puede expresarse como:

$$q_n = \mu * s_k \quad (2)$$

- Coeficiente de forma (μ): se estima en función de la pendiente de la cubierta, en este caso tiene un valor de 1.
- Valor característico de la carga sobre el terreno horizontal (s_k): varía en función de la altitud topográfica y de la zona climática en la que se ubica la nave, el valor correspondiente a los datos del proyecto es de 0,2 kN/m².



Figura 37. Zonas climáticas de invierno. CTE.

Los distintos casos de nieve considerados por el software son:

1. **N(EI):** Nieve (estado inicial)
2. **N(R) 1:** Nieve (redistribución) 1

3. N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

2. Bases de cálculo

2.1. Valor de las acciones

Las acciones adoptan distinto valor gracias a los coeficientes de simultaneidad (Ψ), en función de la comprobación estructural a realizar:

- Valor característico: valor medio de la acción en el caso de acciones permanentes (G_k), valor superior con una probabilidad del 2% de no ser superado en un periodo de retorno de 50 años (Q_k).
- Valor de combinación ($\Psi_0 * Q_k$): valor de una acción variable que actúa simultáneamente con otra estadísticamente independiente de intensidad extrema.
- Valor frecuente ($\Psi_1 * Q_k$): valor superado durante el 1% del tiempo de referencia (50 años).
- Valor casi permanente ($\Psi_2 * Q_k$): valor superado durante el 50% del tiempo de referencia (50 años).

Los valores de los coeficientes se encuentran en la tabla 4.2. del DB SE-AE:

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

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

Figura 38. Valor de los coeficientes de simultaneidad. CTE.

2.2. Combinación de acciones

Para las distintas situaciones de cálculo del proyecto las combinaciones de acciones a definir son las siguientes:

- Combinación característica: acción simultánea de todas las acciones permanentes en valor característico, una acción variable en valor característico y el resto de acciones variables en valor de combinación.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3)$$

- Combinación frecuente: acción simultánea de todas las acciones permanentes en valor característico, una acción variable en valor frecuente y el resto de acciones variables en valor casi permanente.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4)$$

- Combinación casi permanente: acción simultánea de todas las acciones permanentes en valor característico y todas las acciones variables en valor casi permanente.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (5)$$

2.3. Aptitud al servicio

Para garantizar la aptitud al servicio han de cumplirse distintos criterios (CTE DB-SE 2):

- Integridad: calculando con la combinación de acciones característica.
- Confort: calculando con la combinación de acciones característica.
- Apariencia: calculando con la combinación de acciones casi permanente.

2.4. Estados límite

Un estado límite es una situación que de ser superada supone que el edificio no cumple con alguno de los requisitos exigidos en su diseño.

2.4.1. Estados límite de servicio

Los estados límites de servicio afectan al confort, apariencia y al correcto funcionamiento del edificio. Se consideran en el cálculo los efectos referentes a las

deformaciones (flechas) siguiendo el criterio de apariencia o integridad, el criterio de confort no se comprueba en las naves industriales, como establece el DB SE.

2.4.2. Estados límite últimos

Son estados que constituyen riesgos para las personas, tales como la puesta fuera de servicio del edificio o el colapso parcial o total de éste.

En el cálculo de la estructura metálica se consideran los efectos referentes a la resistencia y al pandeo. Para los elementos de arranque, los ELUs a comprobar son el agotamiento del apoyo, los pernos y de la placa a flexión, y el de anclaje de los pernos en el hormigón. En el cálculo de los sistemas de cimentación han de validarse los estados límite últimos de durabilidad, deslizamiento, vuelco, hundimiento y capacidad estructural.

Para comprender correctamente los apartados que se desarrollan a continuación es interesante destacar la notación siguiente:

- $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
- I_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N_t : Resistencia a tracción
- N_c : Resistencia a compresión
- M_Y : Resistencia a flexión eje Y
- M_Z : Resistencia a flexión eje Z
- V_Z : Resistencia a corte Z
- V_Y : Resistencia a corte Y
- $M_Y V_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- $M_Z V_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- $N M_Y M_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados
- $N M_Y M_Z V_Y V_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M_t : Resistencia a torsión
- $M_t V_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- $M_t V_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x : Distancia al origen de la barra
- η : Coeficiente de aprovechamiento (%)

3. Dimensionamiento de los subsistemas estructurales

3.1. Cimentación

Los subsistemas de cimentación se clasifican entre zapatas y vigas de atado. En el proyecto se definen cinco tipos de zapatas y un único tipo de viga de atado.

Para su dimensionamiento se deben verificar los Estados Límite Últimos:

- ELU Durabilidad
- ELU Deslizamiento
- ELU Vuelco
- ELU Hundimiento
- ELU Capacidad Estructural

3.1.1. Zapatas

Las zapatas se disponen según lo mostrado en la figura 9, que se presenta en el documento Memoria.

A continuación, se selecciona un elemento representativo de cada tipo de zapata y se expone su comprobación.

3.1.1.1. Zapatas tipo Z1

El elemento seleccionado para mostrar su comprobación es el correspondiente al nudo N1.

La zapata cumple con todas las comprobaciones:

Tabla 9. Comprobaciones de cálculo zapata N1. CYPE Ingenieros.

Referencia: N1 Dimensiones: 230 x 230 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0206991 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0155979 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0256041 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 59.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 94.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 16.55 kN·m	Cumple

Referencia: N1		
Dimensiones: 230 x 230 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Momento: 15.10 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 18.54 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 17.17 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ²	Cumple
<i>Criterio de CYPE</i>	Calculado: 111.3 kN/m ²	
Canto mínimo:		
<i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm	Cumple
	Calculado: 50 cm	
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N1:	Mínimo: 30 cm	Cumple
	Calculado: 43 cm	
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	Cumple
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	
Separación máxima entre barras:		
<i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	
Separación mínima entre barras:		
<i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	Cumple
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	

Referencia: N1		
Dimensiones: 230 x 230 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
<i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 51 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 51 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 51 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 51 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.11		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.10		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 546.42 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 546.42 kN		

3.1.1.2. Zapatas tipo Z2

El elemento seleccionado para mostrar su comprobación es el correspondiente al nudo N6.

Se cumplen todas las comprobaciones:

Tabla 10. Comprobaciones de cálculo zapata N6. CYPE Ingenieros.

Referencia: N6		
Dimensiones: 155 x 285 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0854451 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.102416 MPa	Cumple

Referencia: N6		
Dimensiones: 155 x 285 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.19002 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 210.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 54.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 12.43 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 193.67 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 110.56 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 65.5 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 110 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N6:	Mínimo: 44 cm Calculado: 102 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>		
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>		
	Máximo: 30 cm	

Referencia: N6		
Dimensiones: 155 x 285 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 145 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 148 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		

Referencia: N6		
Dimensiones: 155 x 285 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08) - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.35 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 692.29 kN		

3.1.1.3. Zapatas tipo Z3

El elemento seleccionado para mostrar su comprobación es el correspondiente al nudo N8.

Se cumplen todas las comprobaciones:

Tabla 11. Comprobaciones de cálculo zapata N8. CYPE Ingenieros.

Referencia: N8		
Dimensiones: 155 x 275 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.101926 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.108989 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.226611 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 196.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 31.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 12.15 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 191.05 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 115.56 kN	Cumple

Referencia: N8		
Dimensiones: 155 x 275 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 68.8 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 105 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N8:	Mínimo: 44 cm Calculado: 97 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0005 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0003	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm Calculado: 16 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N8		
Dimensiones: 155 x 275 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 139 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 142 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.38		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 666.39 kN		

3.1.1.4. Zapatas tipo Z4

El elemento seleccionado para mostrar su comprobación es el correspondiente al nudo N83.

Se cumplen todas las comprobaciones:

Tabla 12. Comprobaciones de cálculo zapata N83. CYPE Ingenieros.

Referencia: N83		
Dimensiones: 140 x 270 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0216801 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0218763 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0462051 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 566.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 16.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -3.60 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 38.87 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 1.37 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 42.18 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 33.5 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N83:	Mínimo: 30 cm Calculado: 53 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001	Cumple

Referencia: N83		
Dimensiones: 140 x 270 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 63 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		

Referencia: N83		
Dimensiones: 140 x 270 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08) - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.27 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 741.73 kN - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 384.65 kN		

3.1.1.5. Zapatas tipo Z5

El elemento seleccionado para mostrar su comprobación es el correspondiente al nudo N179.

Se cumplen todas las comprobaciones:

Tabla 13. Comprobaciones de cálculo zapata N179. CYPE Ingenieros.

Referencia: N179		
Dimensiones: 210 x 210 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0360027 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0468918 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0614106 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 48035.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 150.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 30.10 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 45.64 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 38.16 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 59.06 kN	Cumple



Referencia: N179		
Dimensiones: 210 x 210 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 290.7 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N179:	Mínimo: 35 cm Calculado: 38 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	

Referencia: N179		
Dimensiones: 210 x 210 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 45 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.26		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.38		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 458.72 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 458.72 kN		

3.1.2. Vigas de atado

Todas las vigas de atado empleadas en la estructura son idénticas, pero de distinta longitud. El elemento seleccionado para mostrar su comprobación es la viga de atado que une los nudos N83 y N3.

Cumple todas las comprobaciones:

Tabla 14. Comprobaciones de cálculo viga de atado N83-N3. CYPE Ingenieros.

Referencia: C.1 [N83-N3] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N83-N3] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

3.2. Placas de anclaje

Las placas de anclaje se distribuyen según lo indicado en la figura 18 del documento Memoria.

Para su dimensionamiento se comprueban los estados Límite Últimos:

- ELU de agotamiento del apoyo
- ELU de agotamiento de la placa a flexión
- ELU de agotamiento de los pernos
- ELU de anclaje de los pernos en el hormigón

Para mostrar su comprobación, el elemento seleccionado es el correspondiente al nudo N1:

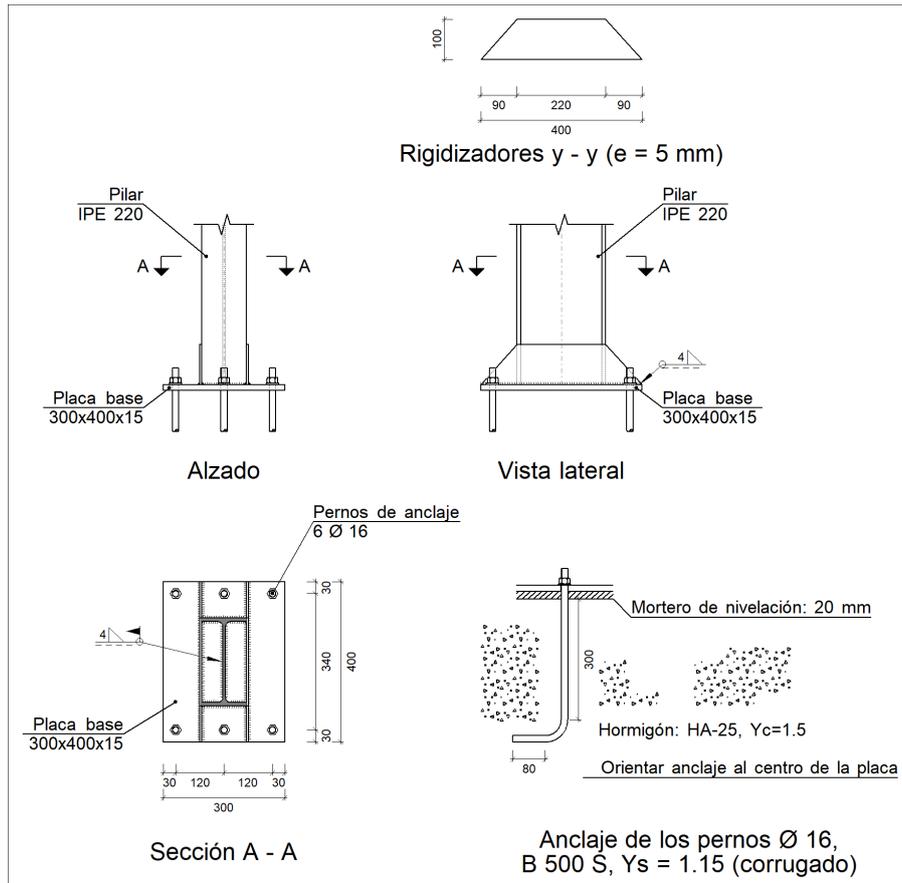


Figura 39. Detalle placa de anclaje nudo 1. CYPE Ingenieros.

La unión se compone de los siguientes elementos:

Tabla 15. Componentes placa de anclaje. CYPE Ingenieros.

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		300	400	15	6	16	S275	275.0	410.0
Rigidizador		400	100	5	-	-	S275	275.0	410.0

Cumple todas las comprobaciones:

1) Pilar IPE 220

Cordones de soldadura

Tabla 16. Comprobaciones cordones de soldadura. CYPE Ingenieros.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	4	735	5.9	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Tabla 17. Comprobaciones placa de anclaje N1. CYPE Ingenieros.

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 121 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 55 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: -Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46.6	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción:	Máximo: 53.34 kN Calculado: 43.99 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 37.34 kN Calculado: 4.19 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 53.34 kN Calculado: 49.98 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 63.92 kN Calculado: 44.74 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 226.186 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 4.19 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 72.9642 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 72.9718 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 221.28 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 220.583 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 8034.9	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 8034.9	Cumple
- Arriba:	Calculado: 3947.37	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3959.63	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 156.53 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Tabla 18. Comprobaciones cordones de soldadura placa de anclaje N1. CYPE Ingenieros.

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -57): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	400	5.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 57): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	400	5.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Rigidizador y-y (x = -57): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 57): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85

3.3. Estructura metálica

Pre dimensionamiento y comprobaciones iniciales

El predimensionamiento de la estructura metálica se lleva a cabo mediante el cálculo de la esbeltez máxima para cada barra. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 19. Selección inicial de perfiles, esbeltez reducida máxima.

Barra	Esbeltez reducida máxima	Perfil mínimo necesario
Pilares y jácenas de pórticos interiores	2	IPE 400
Pilares de fachada	2	IPE 180
Jácenas de fachada	2	IPE 100
Montantes arriostramientos	2	SHS 80.3
Cruces arriostramientos	3	L 75.4
Viga perimetral	4	IPE 120

En los siguientes apartados se detallan todos los cálculos y comprobaciones.

Cabe destacar que antes de calcular es importante eliminar el pandeo lateral de todos los elementos de la estructura, puesto que es un fenómeno que por la manera de comportarse de la estructura no va a aparecer. Además, es necesario modificar las combinaciones para los estados límite (desplazamientos) del CTE en el programa, añadiendo los siguientes valores:

Situación	Coeficientes parciales de seguridad		Coeficientes de combinación	
	Favorable	Desfavorable	Principal	Acompañamiento
Carga permanente	0.001	0.001	—	—
Pretensado	1.000	1.000	—	—
Retración	1.000	1.000	—	—
Sobrecarga (Iso 1)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Iso 2)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Iso 3)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Iso 4)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Iso 5)	0.000	1.000	1.000	0.700
Sobrecarga (Iso 6)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Iso 7)	0.000	1.000	1.000	0.700
Viento	0.000	1.000	1.000	0.600
Nieve	0.000	1.000	1.000	0.500
Temperatura	0.000	1.000	1.000	0.600
Erupción del terreno	1.000	1.000	—	—

Figura 40. Combinaciones estados límite. CYPE Ingenieros.

3.3.1. Pórticos de fachada alineaciones 1 y 16

Los elementos seleccionados para mostrar su comprobación son el pilar, la jácena, el montante y la diagonal siguientes:

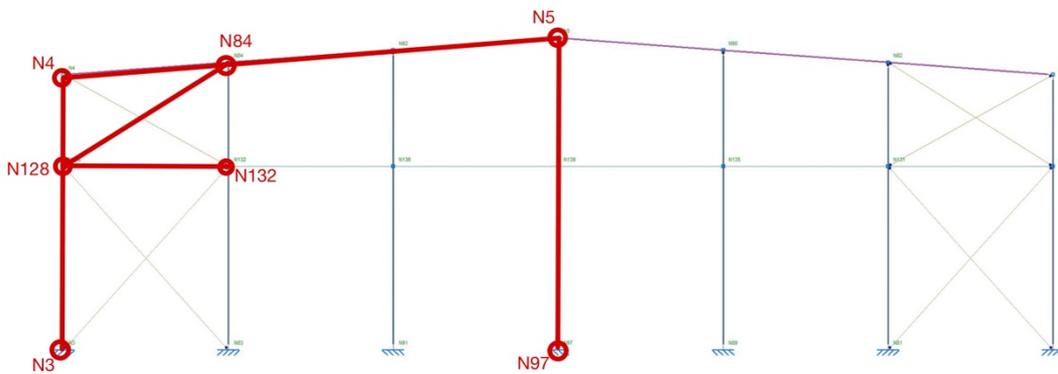


Figura 41. Elementos seleccionados para el pórtico de fachada tipo 1. CYPE Ingenieros.

Pre dimensionamiento y comprobaciones iniciales

El perfil necesario para las barras definidas se determina con las siguientes ecuaciones:

- Pilar: $i_z > \frac{0,7 \cdot h_i}{\lambda \cdot \lambda_{lim}}$
- Jácena: $i_y > \frac{sf}{\lambda \cdot \lambda_{lim}}$
- Montante y diagonal: se definen basándose en los cálculos del plano de la fachada lateral

Los pilares interiores están girados 90º respecto a los exteriores. Y articulados en su parte superior. La beta de pandeo en el plano xy (plano del pórtico) tiene un valor de 1 para el tramo superior y de 0,7 para el inferior (ambos con $c_m=1$). En el plano xz (plano perpendicular al pórtico) se define una longitud de pandeo de 5,95 metros y $c_m=0,55$, para ambos tramos del pilar. Las flechas relativas máximas a imponer tienen un valor de 1/300 para cada pilar.

Los pilares exteriores están articulados en su parte superior. La beta de pandeo en ambos planos tiene un valor de 1 para la parte superior y de 0,7 para la inferior, y un $c_m=1$ en cada tramo. Las flechas relativas adoptan el valor límite de 1/300.

La longitud de pandeo para la jácena en el plano xy (plano de cubierta) vale la separación de correas (1,93 metros). En el plano xz (plano del pórtico) la beta de pandeo tiene el valor de la unidad de pilar a pilar con un $c_m=0,55$. Las flechas relativas para la jácena tienen un valor límite de 1/300.

Las barras que conforman las cruces superiores no pueden definirse como tirantes, porque no están contenidas en un rectángulo, cosa que si ocurre en las inferiores, entonces se articulan en ambos extremos y se eliminan sus cargas superficiales. Además, hay que eliminar el pandeo (beta 0).

Los montantes se definen con beta 1 por ser biarticulados y $c_m=1$, valores predefinidos por el programa.

Flechas

Tabla 20. Comprobación flechas barras pórtico de fachada tipo 1. CYPE Ingenieros.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
	N4/N5	2.482 2.482	2.99 L/(>1000)	11.506 11.506	9.25 L/486.0	11.281 2.482	5.43 L/(>1000)	11.506 11.506
N97/N5	4.688 4.688	0.25 L/(>1000)	4.688 4.688	15.96 L/532.7	4.688 4.688	0.50 L/(>1000)	5.000 4.688	30.37 L/532.7
N132/N128	3.094 3.094	0.71 L/(>1000)	2.250 2.250	0.39 L/(>1000)	3.094 3.094	1.13 L/(>1000)	2.250 2.250	0.44 L/(>1000)
N128/N84	2.659 2.659	5.44 L/977.2	2.659 2.659	9.29 L/572.3	2.659 2.659	5.44 L/978.2	2.659 2.659	9.28 L/572.9

ELU

Tabla 21. Comprobación ELU barras pórtico de fachada tipo 1. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$NM_Y M_Z$	$NM_Y M_Z V_Y V_Z$	M_t	$M_V Z$		$M_t V_Y$
N4/N84	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.512 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 13.5$	x: 0 m $\eta = 43.2$	x: 0 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 52.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 52.0$
N84/N92	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.512 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 20.8$	x: 4.512 m $\eta = 36.6$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 4.512 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.512 m $\eta = 46.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.2$	x: 4.512 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 46.2$
N92/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.512 m $\eta = 10.7$	x: 0 m $\eta = 24.6$	x: 0 m $\eta = 36.1$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 49.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 49.6$
N97/N139	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 0 m $\eta = 61.6$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 10.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 63.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 63.8$
N139/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.5 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 7.0$	x: 0.389 m $\eta = 33.3$	x: 3.5 m $\eta = 0.4$	x: 3.5 m $\eta = 5.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.194 m $\eta = 35.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 35.5$
N132/N128	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 2.2$	$\eta = 11.2$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 4.5 m $\eta = 5.9$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 18.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 18.4$

Tabla 22. Comprobación ELU barras pórtico de fachada tipo 1. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$NM_Y M_Z$	$NM_Y M_Z V_Y V_Z$	M_t	$M_V Z$	$M_t V_Y$	
N128/N84	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 5.318 m $\eta = 6.3$	x: 0 m $\eta = 7.8$	x: 2.659 m $\eta = 18.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.332 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁵⁾	x: 2.659 m $\eta = 26.6$	x: 0.332 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 26.6$

3.3.2. Pórticos interiores alineaciones del 2 al 4 y del 11 al 15

Los elementos seleccionados para mostrar su comprobación son el pilar y la jácena que se muestran a continuación:

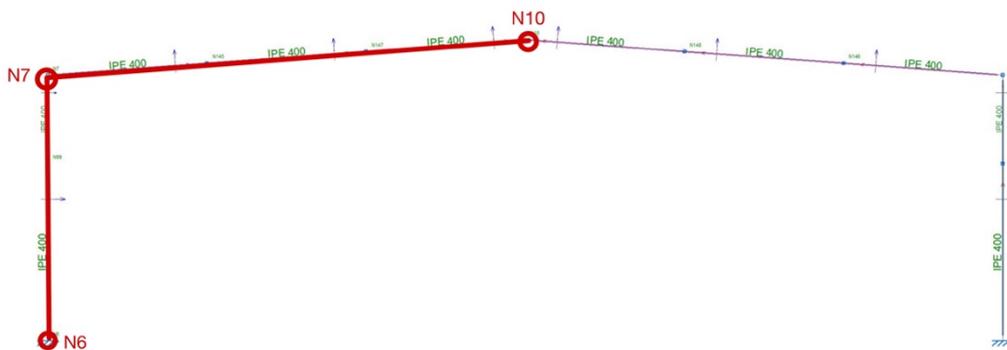


Figura 42. Elementos seleccionados del pórtico interior tipo 2. CYPE Ingenieros.

Pre dimensionamiento y comprobaciones iniciales

El perfil mínimo necesario (IPE 400) se estima haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$i_y > \frac{l}{\lambda * \lambda_{lim}}$$

A continuación, se define el pandeo y la flecha máxima para poder continuar con el cálculo de la estructura mediante el software.

Para la jácena en el plano xy (plano de cubierta) se define una longitud de pandeo igual a la separación de correas, que equivale a 1,93 metros, y un $c_m=1$ y un valor de 1/300 para la flecha relativa límite. En el plano xz (plano del pórtico) la flecha se define igual que en el plano xy y para la longitud de pandeo definimos 27 metros (igual a la luz) y un $c_m=0,65$.

El pilar se divide en dos partes, el tramo superior se caracteriza por tener beta 1 en el plano xy (plano perpendicular al pórtico) y beta 0,7 en el plano xz (plano del pórtico), ambos con un $c_m=1$. El tramo inferior se define igual para cada plano con una longitud de pandeo de 10,5 metros y un $c_m=0,9$.

La flecha ha de definirse secante en el plano xy con un valor de 1/300 y tangente al nudo 1 con un valor de 1/250 para el plano xz.

Flechas

Tabla 23. Comprobación flechas barras pórtico interior tipo 2. CYPE Ingenieros.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
	N6/N7	1.875 1.875	0.29 L(>1000)	5.625 5.625	8.52 L/880.6	2.188 1.875	0.55 L(>1000)	5.625 5.625
N7/N10	6.994 6.994	1.49 L(>1000)	9.025 9.025	14.84 L/735.9	6.994 6.994	2.72 L(>1000)	9.025 9.025	25.98 L/736.3

ELU

Tabla 24. Comprobación ELU barras pórtico interior tipo 2. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t		$M_t V_z$	$M_t V_y$
N6/N99	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta = 45.7$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 9.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 49.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 9.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 49.6$
N99/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.5 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 4.4$	x: 2.5 m $\eta = 74.5$	x: 0 m $\eta = 0.8$	$\eta = 8.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.5 m $\eta = 77.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta = 8.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 77.9$
N7/N145	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.512 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 11.6$	x: 0 m $\eta = 74.6$	x: 4.512 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 10.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 77.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 10.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 77.4$
N145/ N147	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.512 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 14.6$	x: 4.512 m $\eta = 35.6$	x: 4.512 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 6.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.512 m $\eta = 38.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 6.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 38.8$
N147/ N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.512 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 15.2$	x: 3.666 m $\eta = 45.3$	x: 4.512 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 2.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.948 m $\eta = 49.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 2.9$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 49.8$

3.3.3. Pórticos interiores alineaciones del 5 al 10

El elemento seleccionado para mostrar su comprobación es el pilar siguiente:

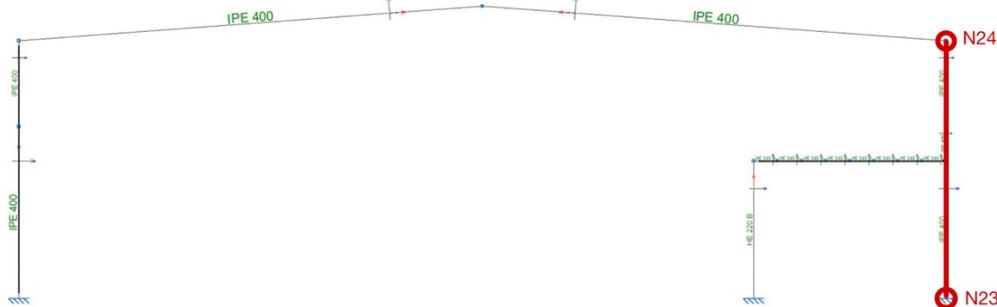


Figura 43. Elementos seleccionados para el pórtico interior tipo 5. CYPE Ingenieros.

Pre dimensionamiento y comprobaciones iniciales

Los procedimientos iniciales son análogos a los descritos para el pórtico interior anterior (apartado 3.3.2.). La única diferencia que hay que tener en cuenta es la necesidad de cambiar ambas partes superiores del pilar a beta 1.

Flechas

Tabla 25. Comprobación flechas barras pórtico interior tipo 5. CYPE Ingenieros.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N23/N24	3.250	0.48	5.833	7.42	3.000	0.82	5.833	13.79
	3.250	L/(>1000)	5.833	L/(>1000)	3.250	L/(>1000)	5.833	L/(>1000)

ELU

Tabla 26. Comprobación ELU barras pórtico interior tipo 5. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N23/ N170	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 42.3$	x: 4 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 9.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 48.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 48.9$
N170/ N106	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 1 m $\eta = 32.4$	x: 0 m $\eta = 1.8$	$\eta = 8.9$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1 m $\eta = 36.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 36.1$
N106/ N24	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.5 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 4.4$	x: 2.5 m $\eta = 73.6$	x: 0 m $\eta = 1.4$	$\eta = 8.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 76.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 76.7$

3.3.4. Fachada lateral A

Los elementos seleccionados para mostrar su comprobación son el montante, la diagonal y la viga perimetral indicados en la figura:

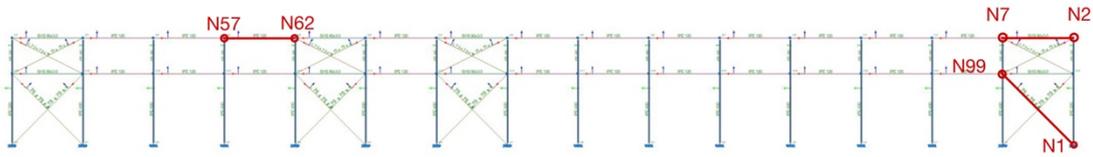


Figura 44. Elementos seleccionados para la fachada lateral tipo A. CYPE Ingenieros.

Pre dimensionamiento y comprobaciones iniciales

Las ecuaciones para determinar el perfil inicial para cada barra basadas en la esbeltez límite son las siguientes:

- Montante: $i_v > \frac{s}{\lambda * \lambda_{lim}}$
- Diagonal: $i_v > \frac{0,5 * \sqrt{s^2 + hi^2}}{\lambda * \lambda_{lim}}$
- Viga perimetral: $i_y > \frac{s}{\lambda * \lambda_{lim}}$

Cada uno de los dos extremos de las barras que conforman la viga perimetral están articulados. La beta de pandeo de los montantes tiene un valor de 1 para cada plano. En cambio, la viga perimetral se caracteriza por un beta 0, ya que trabaja siempre a tracción.

Flechas

Tabla 27. Comprobación flechas barras fachada lateral tipo A. CYPE Ingenieros.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
	N2/N7	1.250	0.53	2.500	0.72	1.250	0.81	2.500
	1.250	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)	1.250	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)
N57/N62	1.250	0.00	2.500	1.25	3.125	0.00	2.500	1.25
	-	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)	-	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)
N1/N99	6.629	0.00	6.187	0.00	5.745	0.00	6.187	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

ELU

Tabla 28. Comprobación ELU barras fachada lateral tipo A. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y	$M_Y V_z$	$M_z V_Y$	$N M_Y M_z$	$N M_Y M_z V_Y V_z$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_Y$
N2/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 62.1$	x: 5 m $\eta = 4.0$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 5 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5 m $\eta = 69.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.0$	x: 5 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 69.8$
N57/ N62	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 7.1$	$\eta = 4.5$	x: 2.5 m $\eta = 2.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2.5 m $\eta = 9.8$	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 9.8$

Tabla 29. Comprobación ELU barras fachada lateral tipo A. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)												Estado		
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y	$M_Y V_z$	$M_z V_Y$	$N M_Y M_z$	$N M_Y M_z V_Y V_z$	M_t		$M_t V_z$	$M_t V_Y$
N1/ N99	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 19.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁷⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 19.1$

3.3.5. Cubierta

Los elementos seleccionados para mostrar su comprobación son el montante y la diagonal siguientes:

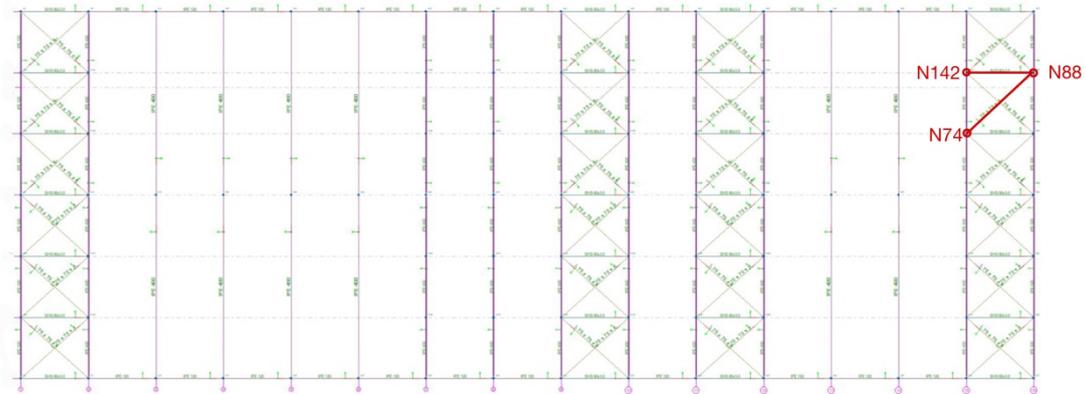


Figura 45. Elementos seleccionados para la cubierta. CYPE Ingenieros.

Pre dimensionamiento y comprobaciones iniciales

Para los montantes y diagonales se utilizan los perfiles obtenidos anteriormente. No es necesario definir pandeos ni flechas.

Flechas

Tabla 30. Comprobación flechas barras cubierta. CYPE Ingenieros.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
	N142/N88	1.875 1.875	0.36 L(>1000)	2.500 2.500	2.88 L(>1000)	1.563 1.875	0.57 L(>1000)	2.500 2.500
N74/N88	5.893 -	0.00 L(>1000)	5.472 -	0.00 L(>1000)	5.893 -	0.00 L(>1000)	5.472 -	0.00 L(>1000)

ELU

Tabla 31. Comprobación ELU barras cubierta. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y	$M_Y V_z$	$M_z V_Y$	$N_M Y M_z$	$N_M Y M_z V_Y V_z$	M_t		$M_t V_z$	$M_t V_Y$
N142/N88	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 59.2$	x: 2.5 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.188 m $\eta = 65.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 65.2$

Tabla 32. Comprobación ELU barras cubierta. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y	$M_Y V_z$	$M_z V_Y$	$N_M Y M_z$	$N_M Y M_z V_Y V_z$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_Y$
N74/N88	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 30.5$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(8)	CUMPLE $\eta = 30.5$

3.3.6. Altillo

3.3.6.1. Pilares

El elemento seleccionado para mostrar su comprobación es el pilar siguiente:

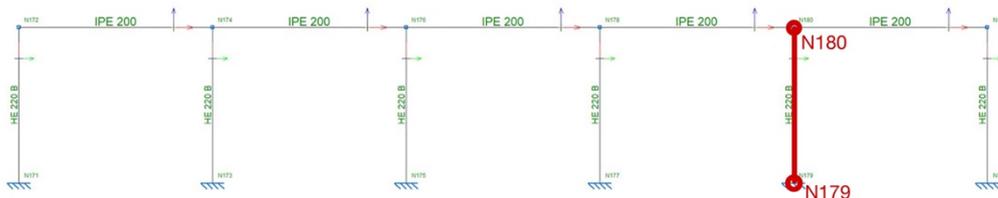


Figura 46. Elementos seleccionados para el alzado lateral alineación G. CYPE Ingenieros.

Pre dimensionamiento y comprobaciones iniciales

Como perfil inicial se selecciona un HEB 200.

Para el pandeo de los pilares es necesario definir el cálculo aproximado translacional en el programa. Las flechas relativas se definen tangentes al nudo 1 con un valor límite de 1/250.

Flechas

Tabla 33. Comprobación flechas barras altillo. CYPE Ingenieros.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N179 / N180	2.750	0.03	4.000	6.21	3.000	0.05	4.000	11.86
	2.750	L(>1000)	4.000	L/644.4	2.750	L(>1000)	4.000	L/644.9

ELU

Tabla 34. Comprobación ELU barras altillo. CYPE Ingenieros.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N179/ N180	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 4 m $\eta = 41.8$	x: 4 m $\eta = 0.6$	$\eta = 7.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4 m $\eta = 51.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 51.6$

3.3.6.2. Forjado de viguetas metálicas

Los elementos seleccionados para mostrar su comprobación son las vigas y las viguetas siguientes:

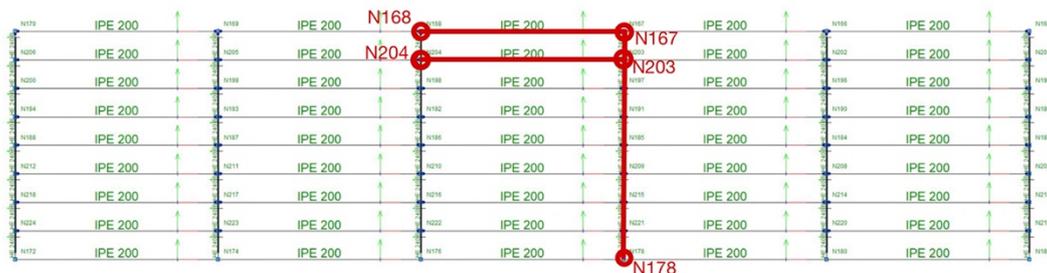


Figura 47. Elementos seleccionados para el forjado del altillo. CYPE Ingenieros.

Pre dimensionamiento y comprobaciones iniciales

Para las vigas se empieza el dimensionamiento con el mismo perfil definido para los pilares. Las viguetas serán de perfil IPE 200 inicialmente y luego se ajustará su medida en base a los cálculos obtenidos, igual que con los pilares y vigas.

El pandeo en las vigas es cero en el plano xy (plano del forjado), ya que está impedido por el propio forjado. En el plano xz (plano de fachada lateral) se define una longitud de pandeo igual a la longitud de la barra (5,6 metros). La flecha relativa límite adopta un valor de 1/400.

Todas las viguetas deben estar articuladas en sus dos extremos. El pandeo en todas las viguetas vale 0 ya que el forjado impide el pandeo en su plano.

Flechas

Tabla 35. Comprobación flechas barras altillo. CYPE Ingenieros.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N168 / N167	2.813	0.00	2.500	3.76	2.813	0.00	2.500	3.76
	-	L(>1000)	2.500	L(>1000)	-	L(>1000)	2.500	L(>1000)
N178 / N167	2.275	0.02	2.975	11.24	2.275	0.03	2.800	12.42
	2.275	L(>1000)	2.975	L/498.1	2.275	L(>1000)	2.975	L/498.2
N204 / N203	4.063	0.00	2.500	7.08	4.063	0.00	2.500	7.07
	-	L(>1000)	2.500	L/706.7	-	L(>1000)	2.500	L/707.0

ELU

Tabla 36. Comprobación ELU barras altillo. CYPE Ingenieros.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N168/ N167	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.2$	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 18.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 18.9$	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 18.9$
N178/ N221	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 33.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 27.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 35.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 35.0$
N221/ N215	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.3$	$x: 0.7 \text{ m}$ $\eta = 35.0$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 20.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.7 \text{ m}$ $\eta = 35.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 35.7$
N215/ N209	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.3$	$x: 0.7 \text{ m}$ $\eta = 51.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 13.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.7 \text{ m}$ $\eta = 52.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 52.2$
N209/ N185	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.3$	$x: 0.7 \text{ m}$ $\eta = 59.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 6.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.7 \text{ m}$ $\eta = 59.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 59.8$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N185/ N191	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 59.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.7 m $\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 59.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 59.8$
N191/ N197	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 57.7$	x: 0.7 m $\eta < 0.1$	x: 0.7 m $\eta = 8.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 58.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 58.4$
N197/ N203	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 47.4$	x: 0.7 m $\eta = 0.1$	x: 0.7 m $\eta = 15.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 48.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 48.1$
N203/ N167	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 28.2$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.7 m $\eta = 22.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 28.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 28.8$
N204/ N203	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	x: 2.5 m $\eta = 35.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 7.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m $\eta = 35.8$	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 35.8$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.3.7. Correas

3.3.7.1. Correas de cubierta

Los perfiles de las correas de cubierta son de acero conformado en frío S235, del tipo CF-180x2.5, separados 1,93 metros entre sí, con fijación rígida al panel de cerramiento. Para el cálculo el límite de flecha empleado es de L/300, y tres vanos.

Tabla 37. Datos correas de cubierta. CYPE Ingenieros.

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-180x2.5 Separación: 1.93 m Tipo de Acero: S235	Límite flecha: L / 300 Número de vanos: Tres vanos Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones, con un aprovechamiento del 85.15%.

Tabla 38. Características perfil correas de cubierta. CYPE Ingenieros.

Perfil: CF-180x2.5 Material: S235									
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (m)
		0.962, 75.000, 7.571	0.962, 70.000, 7.571	5.000	8.09	389.13	38.40	0.17	-12.45
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									

Tabla 39. Comprobaciones perfil correas de cubierta. CYPE Ingenieros.

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

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

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h / t : \underline{68.0} \quad \checkmark$$

$$b/t \leq 90$$

$$b / t : \underline{20.0} \quad \checkmark$$

$$c/t \leq 30$$

$$c / t : \underline{6.0} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c/b \leq 0.6$$

$$c / b : \underline{0.300}$$

Donde:

h: Altura del alma.

$$h : \underline{170.00} \text{ mm}$$

b: Ancho de las alas.

$$b : \underline{50.00} \text{ mm}$$

c: Altura de los rigidizadores.

$$c : \underline{15.00} \text{ mm}$$

t: Espesor.

$$t : \underline{2.50} \text{ mm}$$

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

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

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

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.851} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.962, 70.000, 7.571, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{8.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{9.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{el} : \underline{43.24} \text{ cm}^3$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.180 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.962, 70.000, 7.571, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

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

V_{Ed} : 10.22 kN

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

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

V_{b,Rd} : 56.89 kN

Donde:

h_w: Altura del alma.

h_w : 175.30 mm

t: Espesor.

t : 2.50 mm

φ: Ángulo que forma el alma con la horizontal.

φ : 90.0 grados

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

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

f_{bv} : 136.30 MPa

Siendo:

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

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

$$\bar{\lambda}_w : \underline{0.81}$$

Donde:

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

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

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

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

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

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

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

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

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

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

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

Comprobación de flecha

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones, con un aprovechamiento del 79,53%. El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(0°) H1 a una distancia 2,5 m del origen en el tercer vano de la correa.

3.3.7.2. Correas laterales

Los perfiles de las correas laterales son de acero conformado en frío S235, del tipo CF-180x2.5, separados 1,70 metros entre sí, con fijación rígida al panel de cerramiento. Para el cálculo el límite de flecha empleado es de L/300, y un solo vano.

Tabla 40. Datos correas laterales. CYPE Ingenieros.

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-180x2.5	Límite flecha: L / 300

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Separación: 1.70 m Tipo de Acero: S235	Número de vanos: Un vano Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones, con un aprovechamiento del 81.03%.

Tabla 41. Características perfil correas laterales. CYPE Ingenieros.

Perfil: CF-180x2.5 Material: S235									
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)
	0.000, 5.000, 0.850	0.000, 0.000, 0.850	5.000	8.09	389.13	38.40	0.17	12.45	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									

Tabla 42. Comprobaciones perfil correas laterales. CYPE Ingenieros.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	M _y M _z	V _y	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	N _m M _y M _z V _y V _z	M _t N _m M _y M _z V _y V _z		
pésima en lateral	b / t ≤ (b / t) _{Máx.} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m η = 81.0	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 5 m η = 11.4	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 81.0	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.															

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

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h/t : 68.0 \quad \checkmark$$

$$b/t \leq 90$$

$$b / t : \underline{20.0} \quad \checkmark$$

$$c/t \leq 30$$

$$c / t : \underline{6.0} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c/b \leq 0.6$$

$$c / b : \underline{0.300}$$

Donde:

h: Altura del alma.

h : 170.00 mm

b: Ancho de las alas.

b : 50.00 mm

c: Altura de los rigidizadores.

c : 15.00 mm

t: Espesor.

t : 2.50 mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

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

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

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.810} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

M_{y,Ed}⁺ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo 0.000, 5.000, 0.850, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ)$ H1.

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

$$M_{y,Ed} : \underline{7.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{9.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{el} : \underline{43.24} \text{ cm}^3$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.114} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 0.000, 0.850, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ)$ H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{6.50} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{b,Rd} : \underline{56.89} \text{ kN}$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{175.30} \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{2.50} \text{ mm}$$

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

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

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

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

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

Siendo:

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

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

$$\bar{\lambda}_w : \underline{0.81}$$

Donde:

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

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

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

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

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

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

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

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

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

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

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



Comprobación de flecha

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones con un aprovechamiento del 99,08%. El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(90^\circ)$ H1 a una distancia 2,5 m del origen en el primer vano de la correa.



Documento 3. Presupuesto.

1. Presupuesto de ejecución material dividido por capítulos

Capítulo 1. Acondicionamiento del terreno

1.1. Movimiento de tierras

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
1.1.1.	ADL005	m ²	Desbroce y limpieza	5756,000	1,29	7.425,24
			Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión.			
1.1.2.	ADE010	m ³	Excavación de zanjas para cimentaciones	288,414	26,46	7.631,43
			Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.			
1.1.3.	GTB020	m ³	Canon de vertido por entrega de tierras procedentes de la excavación	288,414	2,19	631,63
			Canon de vertido por entrega de tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.			

1.2. Nivelación

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
1.2.1.	ANS010	m ²	Solera de hormigón armado de 15 cm de espesor	2025,000	37,99	76.929,75
			Solera de hormigón armado de 15 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 como armadura de reparto, colocada sobre separadores homologados, extendido y vibrado manual mediante regla vibrante, sin tratamiento de su superficie con juntas de retracción de 5 mm de espesor, mediante corte con disco de diamante. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación.			

Capítulo 2. Cimentaciones

2.1. Regularización

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
2.1.1.	CLR030	m ²	Capa de hormigón de limpieza	184,600	12,77	2.357,34
Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.						

2.2. Superficiales

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
2.2.1.	CSZ030	m ³	Formación de zapata de hormigón armado	75,494	301,68	22.775,03
Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 39,8 kg/m ³ .						

2.3. Arriostramientos

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
2.3.1.	CAV030	m ³	Viga de atado de hormigón armado	28,320	327,29	9.268,85
Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50,8 kg/m ³ .						

Capítulo 3. Estructura

3.1. Acero perfiles de la nave

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
3.1.1.	EAM040	kg	Suministro y montaje de perfiles de acero tipo SHS	1653,840	2,54	4.200,74
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie Cold Formed SHS, colocado con uniones soldadas en obra.						

3.1.2.	EAM040b	kg	Suministro y montaje de perfiles de acero tipo HEB	4510,320	2,54	11.456,21
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEB, colocado con uniones soldadas en obra.						
3.1.3.	EAM040c	kg	Suministro y montaje de perfiles de acero tipo IPE	49856,740	2,54	126.636,12
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE, colocado con uniones soldadas en obra.						
3.1.4.	EAM040d	kg	Suministro y montaje de perfiles de acero tipo L	2893,160	2,54	7.348,63
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie L, colocado con uniones soldadas en obra.						

3.2. Acero placas de anclaje

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
3.2.1.	EAS005	Ud	Suministro y montaje de placa de anclaje tipo 1	14,000	83,70	1.171,80
Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado, de 400x400 mm y espesor 15 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.						
3.2.2.	EAS005b	Ud	Suministro y montaje de placa de anclaje tipo 2	28,000	248,47	6.957,16
Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado, de 450x650 mm y espesor 25 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud total.						
3.3.3.	EAS005c	Ud	Suministro y montaje de placa de anclaje tipo 3	6,000	88,45	530,70
Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado, de 400x400 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 45 cm de longitud total.						

3.3. Acero correas

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
3.3.1.	EAT030	kg	Suministro y montaje de correas en cubierta	7631,250	2,35	17.933,44
Acero UNE-EN 10162 S235JRC, en correas metálicas formadas por piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado, fijadas a las cerchas con uniones atornilladas en obra.						
3.3.2.	EAT030b	kg	Suministro y montaje de correas en laterales	4760,250	2,35	11.186,59
Acero UNE-EN 10162 S235JRC, en correas metálicas formadas por piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado, fijadas a las cerchas con uniones atornilladas en obra.						

3.4. Forjados

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
3.4.1.	EHU024	m ²	Forjado del altillo de viguetas metálicas unidireccional	140,000	71,65	10.031,00
Forjado unidireccional de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 30 = 25+5 cm, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote con un volumen total de hormigón de 0,11 m ³ /m ² , y acero UNE-EN 10080 B 500 S en zona de refuerzo de negativos y conectores de viguetas y zunchos, con una cuantía total de 2 kg/m ² .						

3.5. Escaleras

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
3.5.1.	EAE010	kg	Acero en estructura de escaleras y rampa	1575,000	7,81	12.300,75
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.						

Capítulo 4. Fachadas y particiones

4.1. Fachadas ligeras

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
4.1.1.	FLA040	m ²	Suministro y montaje de fachada de paneles sándwich	1282,000	86,85	111.341,70
			Fachada de paneles sándwich aislantes, de 50 mm de espesor y 600 mm de anchura, formados por doble cara metálica, la exterior de chapa de aluminio de 0,8 mm de espesor y la interior de chapa de acero de 0,5 mm de espesor y alma aislante de poliuretano de densidad media 50 kg/m ³ , colocados en posición vertical y fijados mecánicamente con sistema de fijación oculta a una estructura portante o auxiliar.			
4.1.2.	FUA010	Ud	Suministro y montaje de cerramientos laterales acristalados	25,000	3058,37	76.459,25
			Cerramiento acristalado sin perfiles verticales, gama media, de 5 m de longitud y 2,00 m de altura total, con perfil superior y perfil inferior lacado color blanco, de aluminio y hojas deslizantes y abatibles, de vidrio incoloro templado de seguridad, de 8 mm de espesor, con los cantos pulidos.			

4.2. Particiones interiores

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
4.2.1.	FBY159	m ²	Suministro y construcción de tabique de placas de yeso	234,000	69,82	16.966,26
			Tabique especial sistema 148/400 (48-35+e+48-35) 2MW "PLADUR" (4 estándar), para grandes alturas, de 148 mm de espesor total, con nivel de calidad del acabado Q2, formado por una estructura doble arriostrada de perfiles de chapa de acero galvanizado de 48-35 + 48-35 mm de anchura, a base de montantes (elementos verticales) separados 400 mm entre sí, con disposición normal "N" y canales (elementos horizontales), a la que se atornillan cuatro placas en total (dos placas tipo estándar en cada cara, de 13 mm de espesor cada placa); aislamiento acústico mediante panel semirrígido de lana mineral, espesor 45 mm, según UNE-EN 13162, en el alma.			

Capítulo 5. Cubiertas

5.1. Inclínadas

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
5.1.1.	QUM020	m ²	Cubierta inclinada de paneles sándwich aislantes	2030,000	51,37	104.281,10
			Cobertura de paneles sándwich aislantes de acero, con la superficie exterior grecada y la superficie interior lisa, de 30 mm de espesor y 1150 mm de anchura, formados por doble cara metálica de chapa estándar de acero, acabado prelacado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de lana de roca de densidad media 145 kg/m ³ , y accesorios, colocados con un solape del panel superior de 200 mm y fijados mecánicamente sobre entramado ligero metálico, en cubierta inclinada, con una pendiente menor del 10%.			

Capítulo 6. Pavimentos

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
6.1.	RSA023	m ²	Capa fina (2mm) de mortero autonivelante de cemento	1350,000	5,78	7.803,00
			Capa fina de pasta niveladora de suelos Niveland 3 "GRUPO PUMA", de 2 mm de espesor, aplicada mecánicamente, para la regularización y nivelación de la superficie de soporte interior de hormigón o mortero, previa aplicación de imprimación a base de copolímeros acrílicos en emulsión acuosa, preparada para recibir pavimento cerámico, de corcho, de madera, laminado, flexible o textil.			
6.2.	RSG012	m ²	Suministro y ejecución de pavimento de mosaico de gres esmaltado	1350,000	28,69	38.731,50
			Suministro y ejecución de pavimento mediante el método de colocación de capa fina, mosaico de gres esmaltado de 2,5x2,5 cm. Capacidad de absorción de agua E<3%, grupo Blb, según UNE-EN 14411, con resistencia al deslizamiento Rd<15 según UNE 41091 EX y resbalabilidad 0 según CTE.			
6.3.	RSI060	m ²	Revestimiento de pavimento industrial	675,000	24,89	16.800,75
			Revestimiento de pavimento industrial, con acabado rugoso, con resistencia al deslizamiento 35<Rd<=45 según UNE 41901 EX y resbalabilidad clase 2 según CTE, resistencia al fuego Cfl-s2, de 3 mm de espesor total aproximado,			

realizado sobre base de hormigón endurecido, con el sistema Compodur "COMPOSAN INDUSTRIAL Y TECNOLOGÍA", apto para talleres, en interiores.

Capítulo 7. Carpintería, cerrajería y vidrios

7.1. Puertas

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
7.1.1.	LIM010	Ud	Puerta de uso industrial	3	4.302,40	12.907,20
			Puerta basculante para garaje, no desbordante de compensación por contrapesos, formada por chapa plegada de acero galvanizado, de textura acanalada, 300x250 cm. Apertura manual. Incluso juego de herrajes, tirantes de sujeción, cerradura y tirador a dos caras. Elaborada en taller, ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada por la empresa instaladora.			
7.1.2.	LBL020	Ud	Suministro y montaje de puerta corredera automática	1	2.422,47	2.422,47
			Puerta corredera automática, de aluminio y vidrio, para acceso peatonal, con sistema de apertura lateral, de una hoja deslizante de 100x210 cm y una hoja fija de 120x210 cm, compuesta por: cajón superior con mecanismos, equipo de motorización y batería de emergencia para apertura y cierre automático en caso de corte del suministro eléctrico, de aluminio lacado, color blanco, dos detectores de presencia por radiofrecuencia, célula fotoeléctrica de seguridad y panel de control con cuatro modos de funcionamiento seleccionables; dos hojas de vidrio laminar de seguridad 5+5, incoloro, 1B1 según UNE-EN 12600 con perfiles de aluminio lacado, color blanco, fijadas sobre los perfiles con perfil continuo de neopreno. Incluso limpieza previa del soporte, material de conexionado eléctrico y ajuste y fijación en obra. Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.			
7.1.3.	LPM010	Ud	Suministro y montaje de puerta interior	5	292,67	1.463,35
			Puerta interior abatible, ciega, de una hoja de 203x82,5x3,5 cm, de tablero aglomerado, chapado con pino país, barnizada en taller, con plafones de forma recta; precerco de pino país de 90x35 mm; galces de MDF, con rechapado de madera, de pino país de 90x20 mm; tapajuntas de MDF, con rechapado de madera, de pino país de 70x10 mm en ambas caras. Incluso bisagras, herrajes de colgar, de cierre y manivela sobre escudo largo de latón, color negro, acabado brillante, serie básica.			

7.2. Ventanas

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio [€/Ud]	Importe [€]
7.2.1.	LCA035	m ²	Suministro y montaje de ventana fija	84,000	431,03	36.206,52
Carpintería de acero S235JR, en ventana fija de 150x100 cm, compuesta por cerco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados. Incluso premarco de acero, garras de fijación, sellado perimetral de juntas por medio de un cordón de silicona neutra y ajuste final en obra. Elaborada en taller. Totalmente montada y probada.						

2. Resumen presupuesto de ejecución material

Cap 1. Acondicionamiento del terreno 92.618,05 €

- 1.1. Movimiento de tierras 15.688,30 €
- 1.2. Nivelación 76.929,75 €

Cap 2. Cimentación 34.401,22 €

- 2.1. Regularización 2.357,34 €
- 2.2. Superficiales 22.775,03 €
- 2.3. Arriostramientos 9.268,85 €

Cap 3. Estructura 209.767,21 €

- 3.1. Acero perfiles de la nave 149.641,71 €
- 3.2. Acero placas de anclaje 8.659,66 €
- 3.3. Acero correas 29.120,03 €
- 3.4. Forjados 10.031,00 €
- 3.5. Escaleras 12.300,75 €

Cap 4. Fachadas y particiones 204.767,21 €

- 4.1. Fachadas ligeras 187.800,95 €
- 4.2. Particiones interiores 16.966,26 €

Cap 5. Cubiertas 104.281,10 €

Cap 6. Pavimentos 63.335,25 €

Cap 7. Carpintería, cerrajería y vidrios 52.999,54 €

- 7.1. Puertas 11.602,87 €
- 7.2. Ventanas 36.206,52 €

Presupuesto de ejecución material (PEM): 762.155,52 €

3. Presupuesto base de licitación

Presupuesto de ejecución material (PEM): 762,155,52 €

12% Gastos generales: 91.458,52 €

6% Beneficio industrial: 45.729,33 €

Presupuesto de ejecución por contrata (PEC): 899.343,51 €

21% IVA: 188.862,14 €

Presupuesto base de licitación (PBL): 1.088.205,65 €

4. Análisis del presupuesto

Como se observa en la figura 51, el 27% del presupuesto se consume en la fachada, ya que ésta está formada en buena parte de un escaparate acristalado, y el resto de panel sándwich, que, a pesar de ser un material muy ligero, tiene un precio considerable. La cubierta, también fabricada con panel sándwich representa un 14% del presupuesto.

El 28% del presupuesto está representado por la estructura en sí, ya que se necesitan altas cantidades de acero para conformarla.

Las partes restantes se corresponden con las divisiones interiores, carpintería y cerrajería, pavimentos, además de cimentaciones y actuaciones previas.

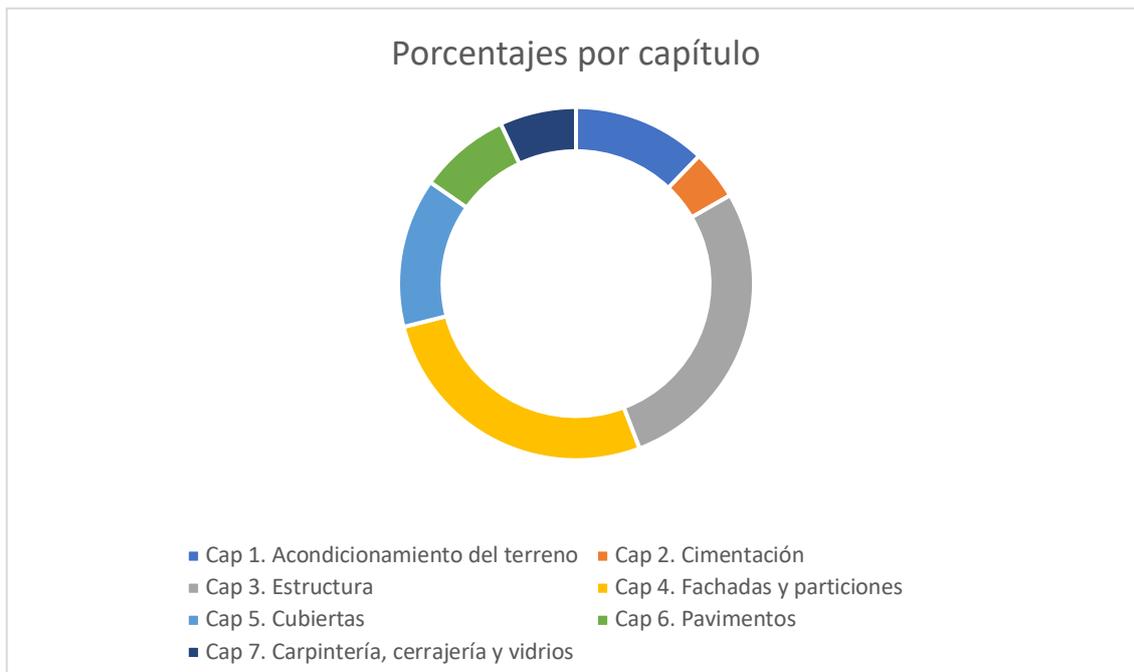
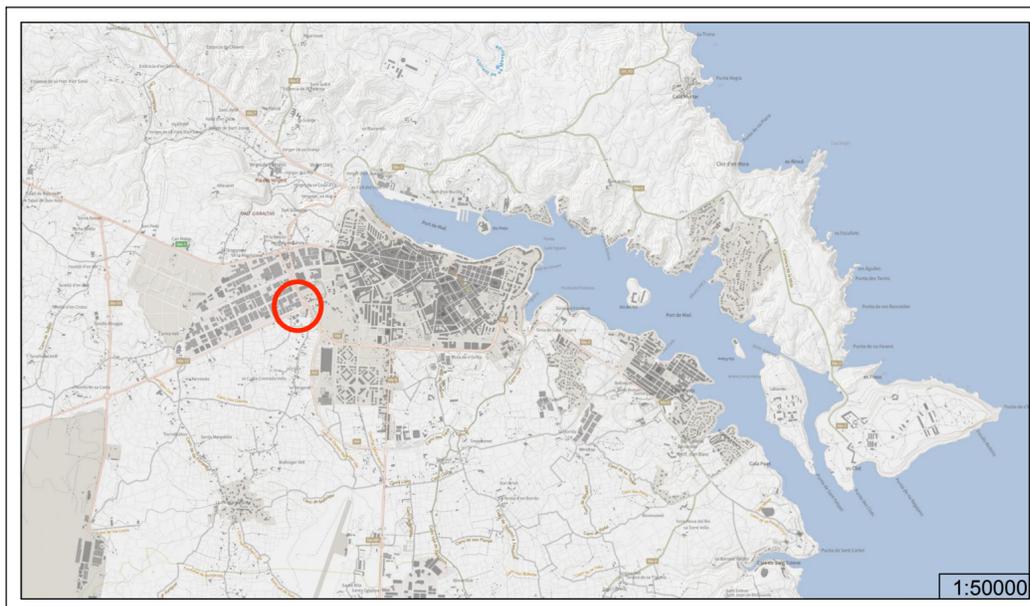


Figura 48. Gráfico de porcentajes por capítulo.



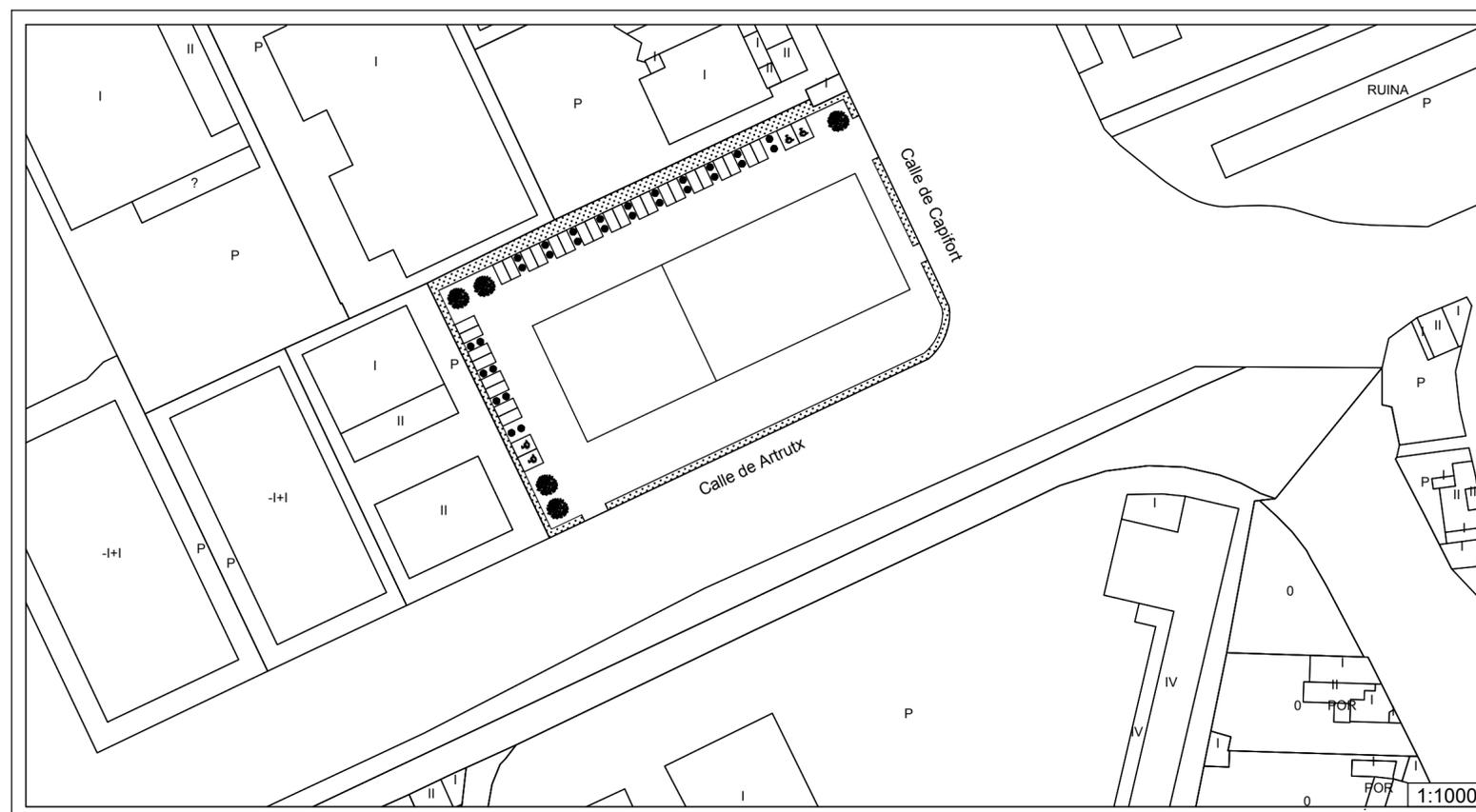
Documento 4. Planos.



Mahón, Menorca



Polígono Industrial de Mahón (POIMA)



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto:
**PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE
INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE
AUTOMÓVILES EN MAHÓN**

Fecha:
Abril 2021

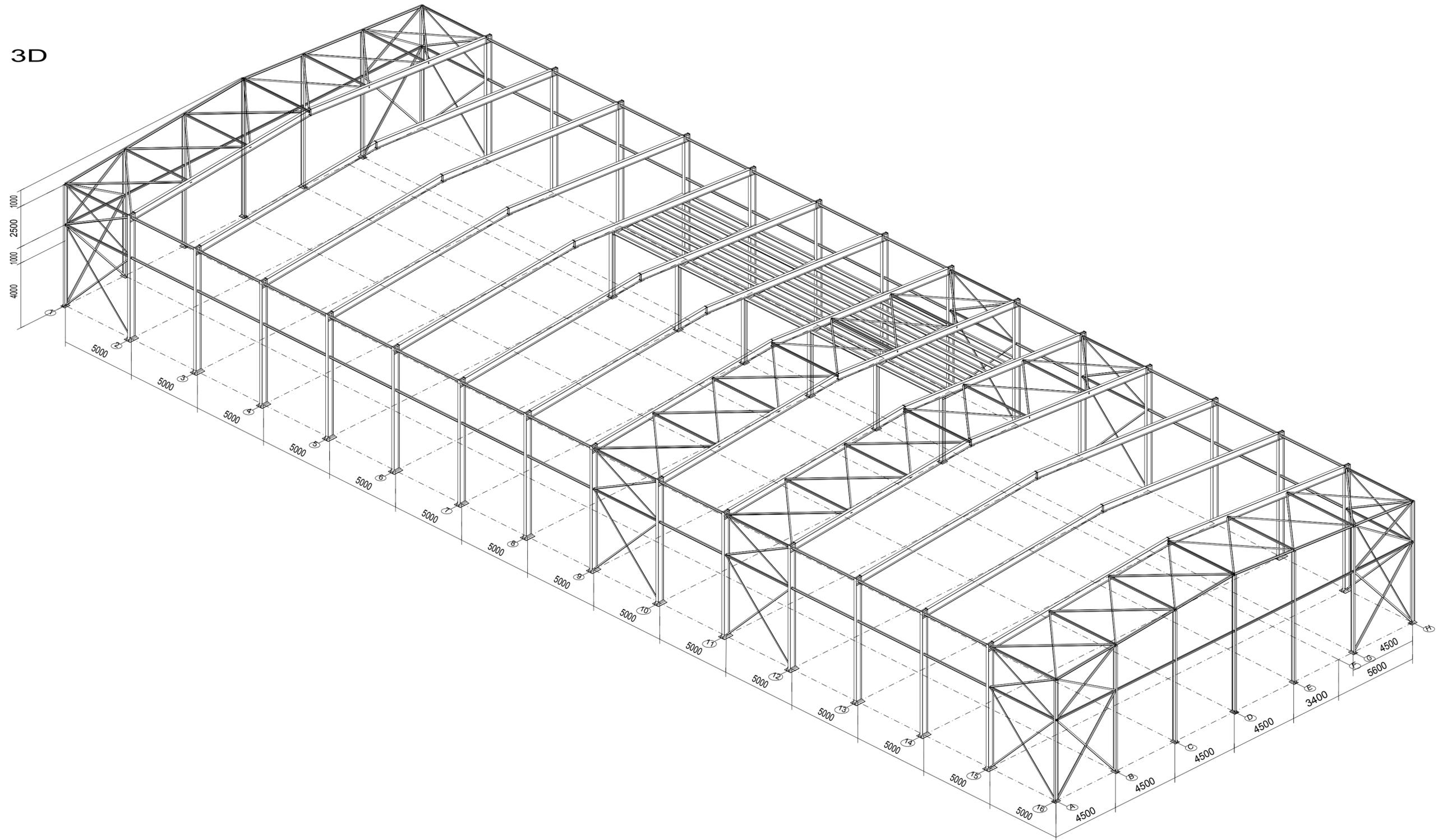
Escala:
V.E.

Plano:
Situación y emplazamiento.

Nº Plano:

Franceschi Sara
Autor proyecto

3D



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV)		γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALÈNCIA

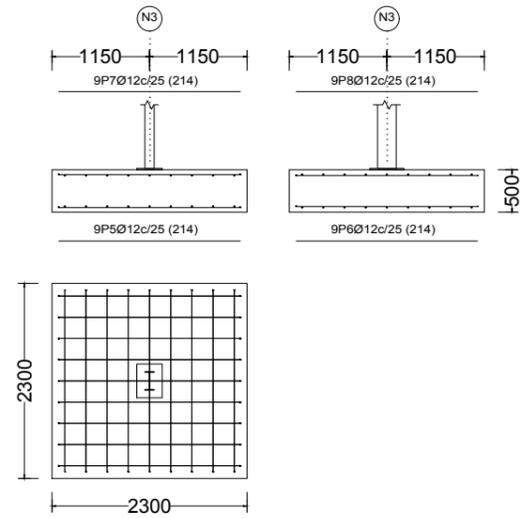
Franceschi Sara
Autor proyecto

Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE AUTOMÓVILES EN MAHÓN**

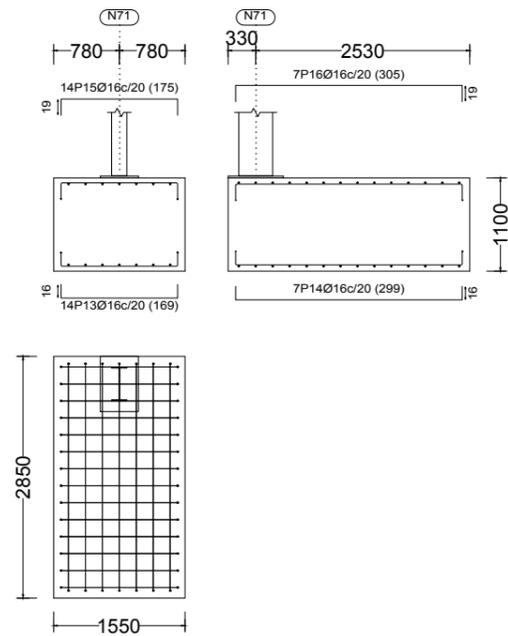
Fecha: **Abril 2021** Escala: **1:150**

Plano: **Estructura completa.** Nº Plano:

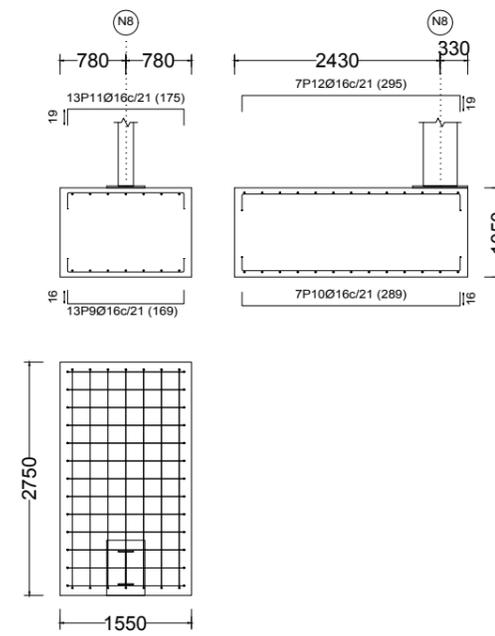
Tipo Z1



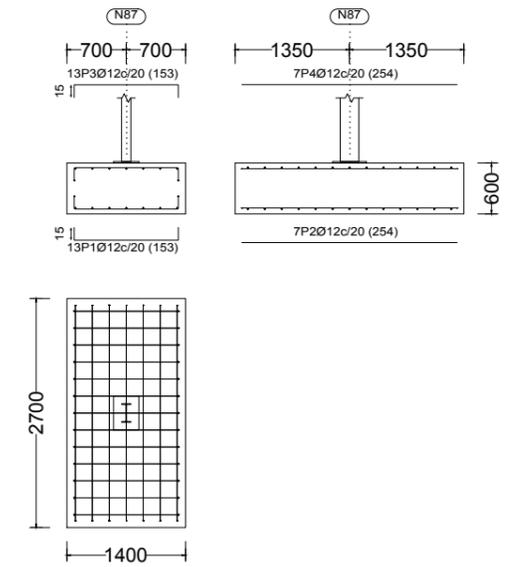
Tipo Z2



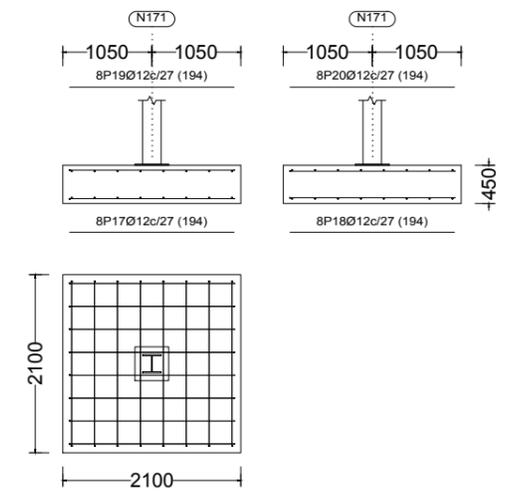
Tipo Z3



Tipo Z4



Tipo Z5



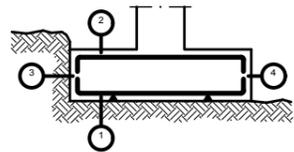
Características de los materiales - Zapatas de cimentación

Materiales	Hormigón								Acero		
	Control			Características					Control		Características
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Exposición Ambiente	Recubrimiento nominal	Recubrimiento nominal sobre el terreno	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo
	Estadístico	c=1.50	HA-25/B/30	Plástica a blanda (9-15 cm)	20ØØmm	Ita	8 cm	5 cm	Normal	$\gamma_s=1.15$	B500S
Ejecución (Acciones)	Normal	Q=1.35 Q=1.50	Adaptado a la Instrucción EHE-08								

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.

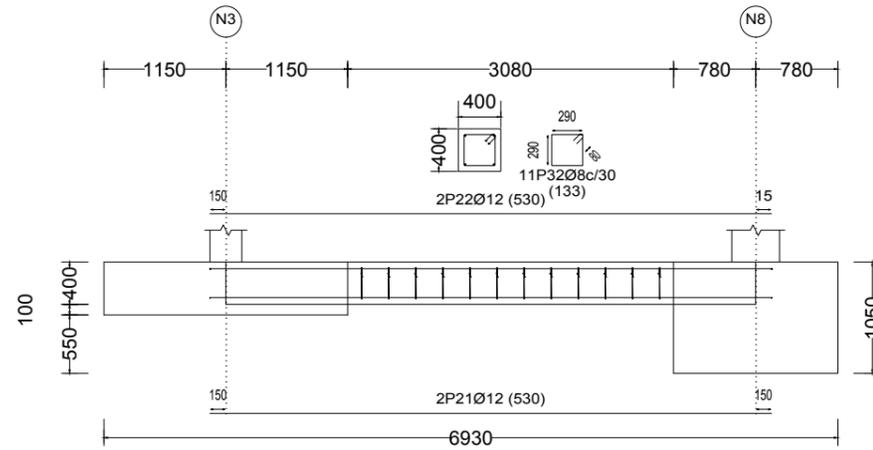
Datos geotécnicos

- Tensión admisible del terreno considerada = 0.2 MPa (2.0Kg/cm²)

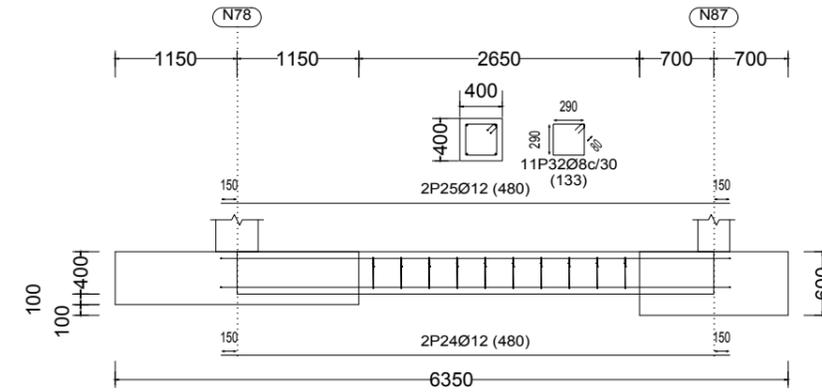
CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

Tipo	Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y	Armado sup. X	Armado sup. Y
Z1	N1, N3, N76 y N78	230x230	50	9Ø12c/25	9Ø12c/25	9Ø12c/25	9Ø12c/25
Z2	N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36, N41, N46, N51, N56, N61, N66 y N71	155x285	110	14Ø16c/20	7Ø16c/20	14Ø16c/20	7Ø16c/20
Z3	N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N68 y N73	155x275	105	13Ø16c/21	7Ø16c/21	13Ø16c/21	7Ø16c/21
Z4	N81, N83, N85, N87, N89, N91, N93, N95, N97 y N98	140x270	60	13Ø12c/20	7Ø12c/20	13Ø12c/20	7Ø12c/20
Z5	N171, N173, N175, N177, N179 y N181	210x210	45	8Ø12c/27	8Ø12c/27	8Ø12c/27	8Ø12c/27

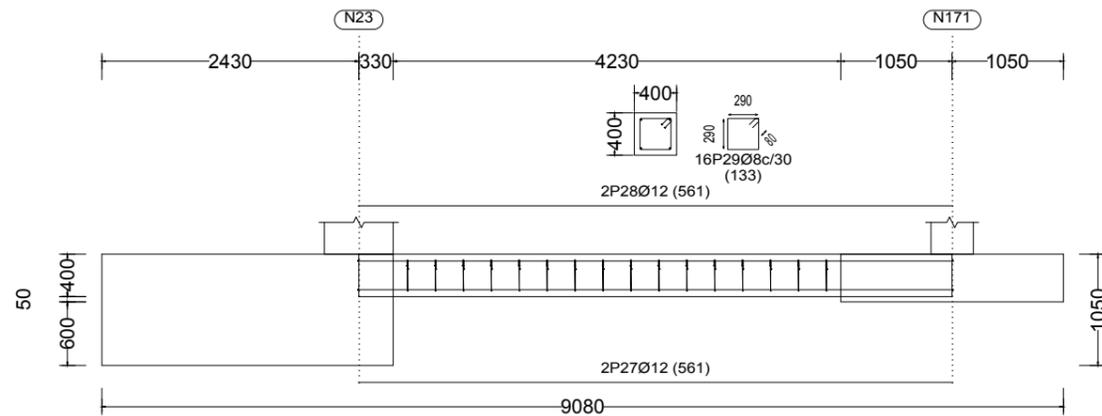
C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33],
 C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N48-N53], C [N53-N58], C [N58-N63],
 C [N63-N68], C [N68-N73], C [N73-N78], C [N76-N71], C [N71-N66], C [N66-N61],
 C [N61-N56], C [N56-N51], C [N51-N46], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31],
 C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6] y C [N6-N1]



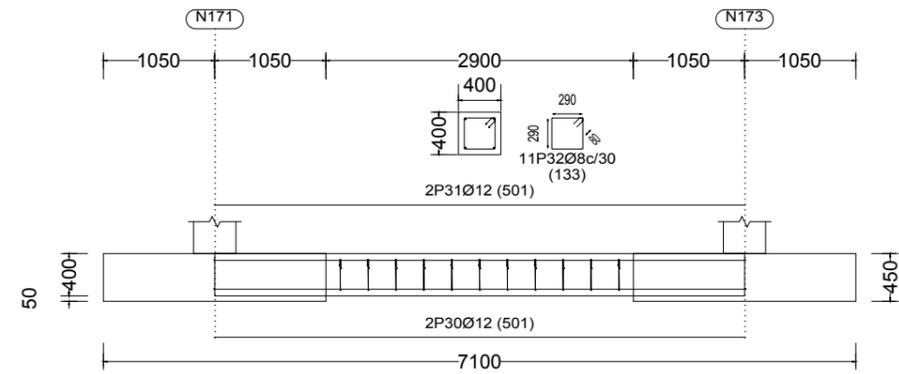
C [N78-N87], C [N87-N95], C [N95-N98], C [N98-N93], C [N93-N85], C [N85-N76],
 C [N1-N81], C [N81-N89], C [N89-N97], C [N97-N91], C [N91-N83] y C [N83-N3]



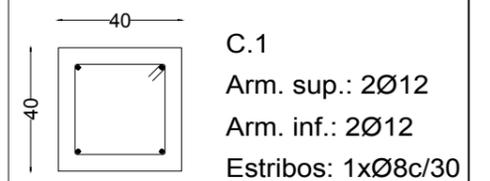
C [N23-N171], C [N181-N48], C [N43-N179], C [N38-N177], C [N175-N33] y C [N28-N173]



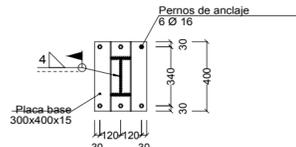
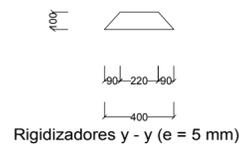
C [N171-N173], C [N173-N175], C [N175-N177], C [N177-N179] y C [N179-N181]



CUADRO DE VIGAS DE ATADO

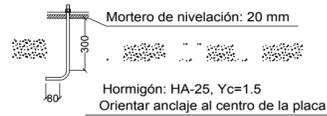


Tipo 1

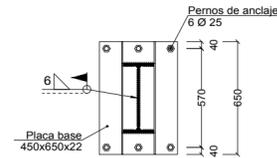
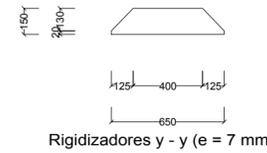


Sección A - A

Anclaje de los pernos Ø 16, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)



Tipo 2

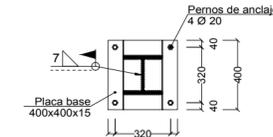
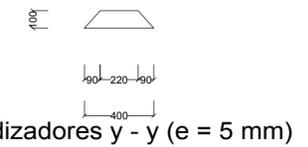


Sección A - A

Anclaje de los pernos Ø 25, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

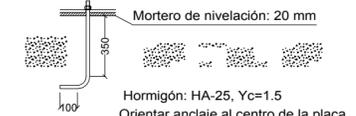


Tipo 6

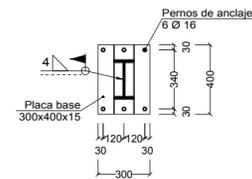
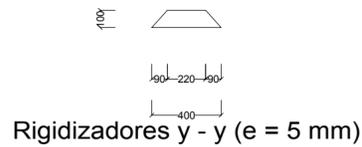


Sección A - A

Anclaje de los pernos Ø 20, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

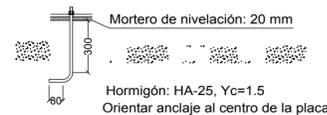


Tipo 17

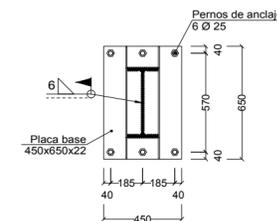
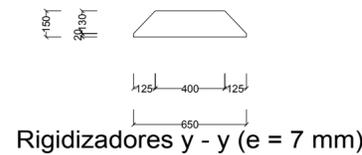


Sección A - A

Anclaje de los pernos Ø 16, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)



Tipo 18



Sección A - A

Anclaje de los pernos Ø 25, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)



Cuadro de arranques			
Tipo	Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
1 y 17	N87, N95, N98, N93, N85, N83, N91, N97, N89, N81, N3, N1, N78 y N76	6 Pernos Ø 16	Placa base (300x400x15)
2 y 18	N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N68, N73, N71, N66, N61, N56, N51, N46, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y N6	6 Pernos Ø 25	Placa base (450x650x22)
6	N171, N173, N175, N177, N179 y N181	4 Pernos Ø 20	Placa base (400x400x15)

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

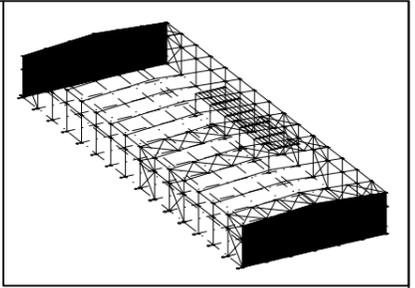


Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE AUTOMÓVILES EN MAHÓN**

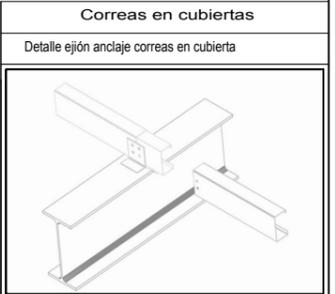
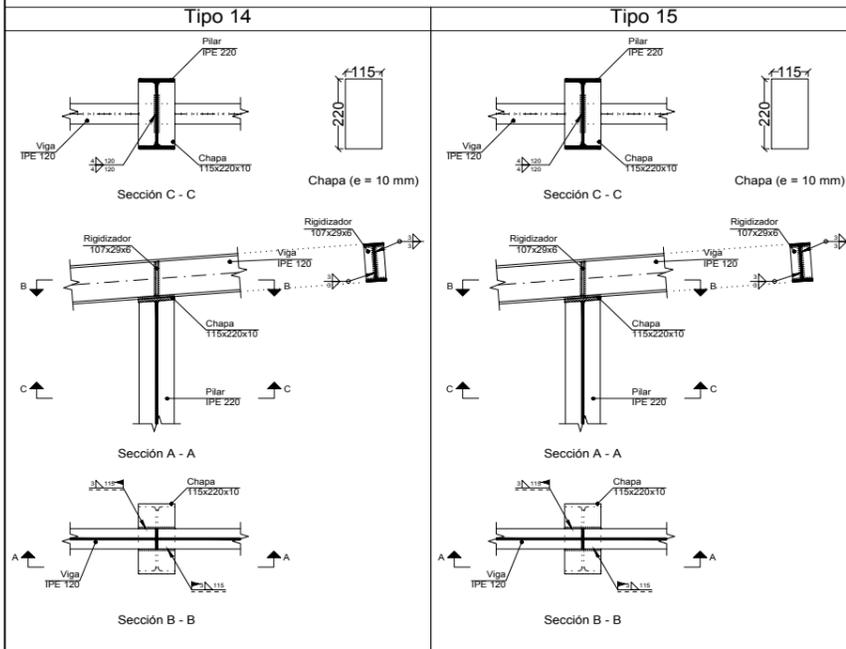
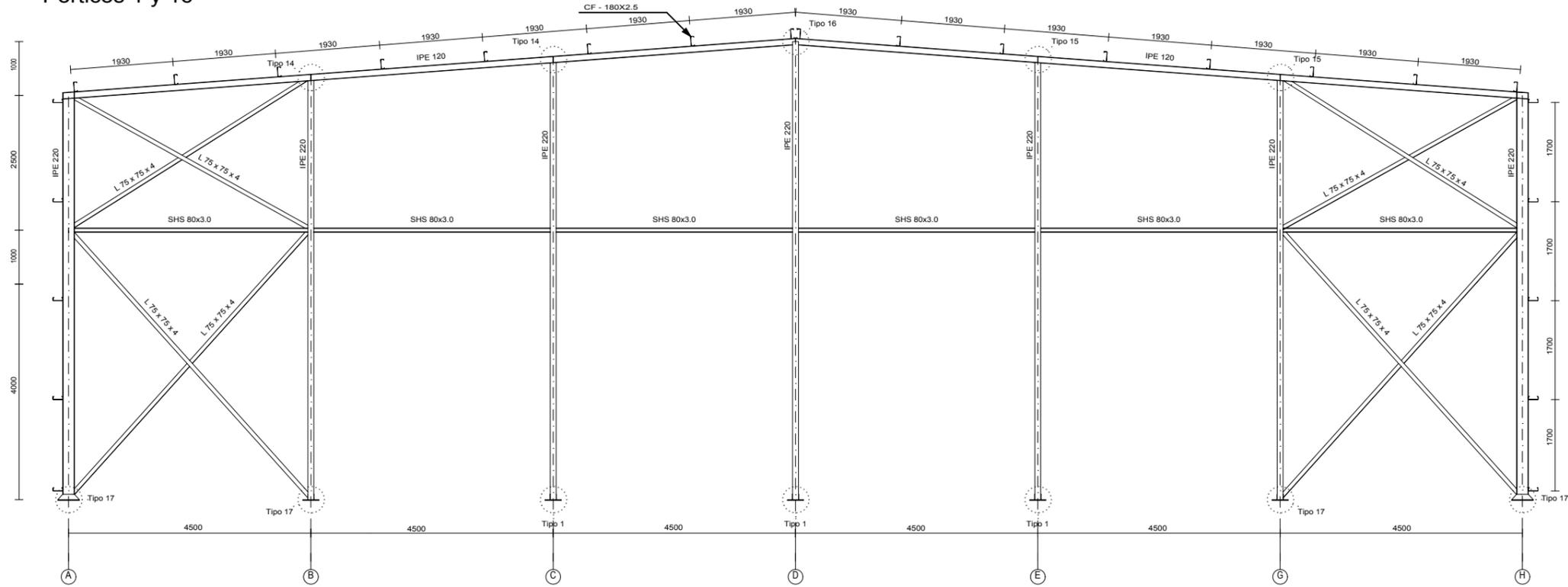
Fecha: **Abril 2021** Escala: **SIN ESCALA**

Plano: **Detalles placas de anclaje.** Nº Plano:

Franceschi Sara
Autor proyecto



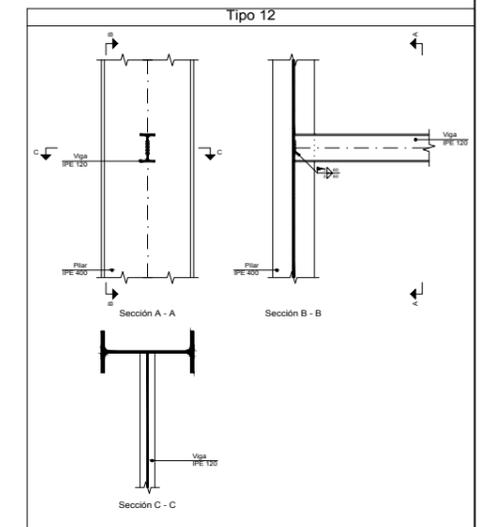
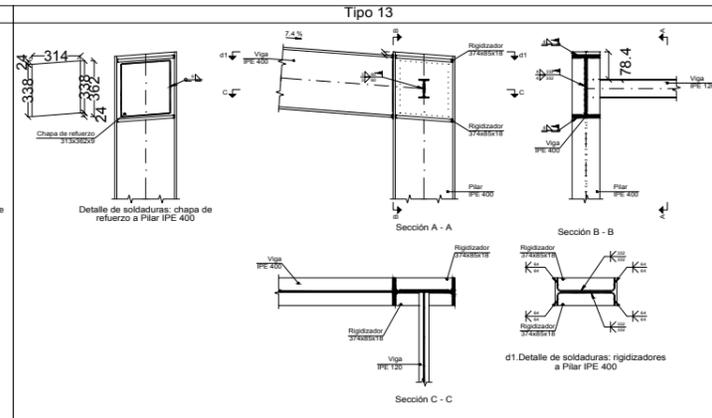
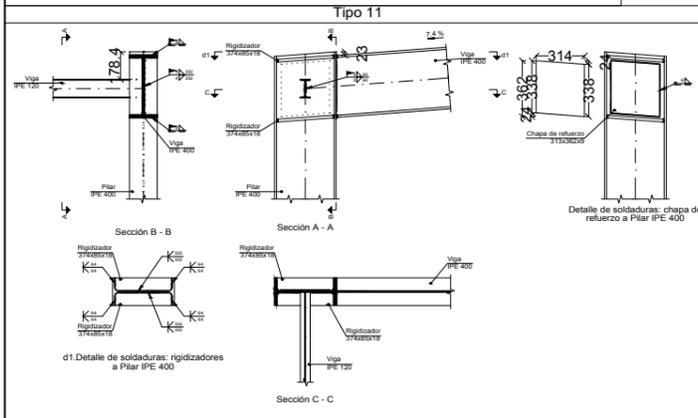
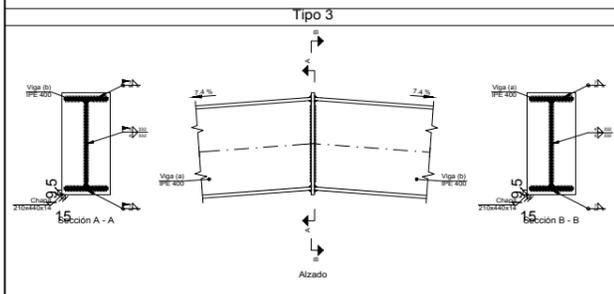
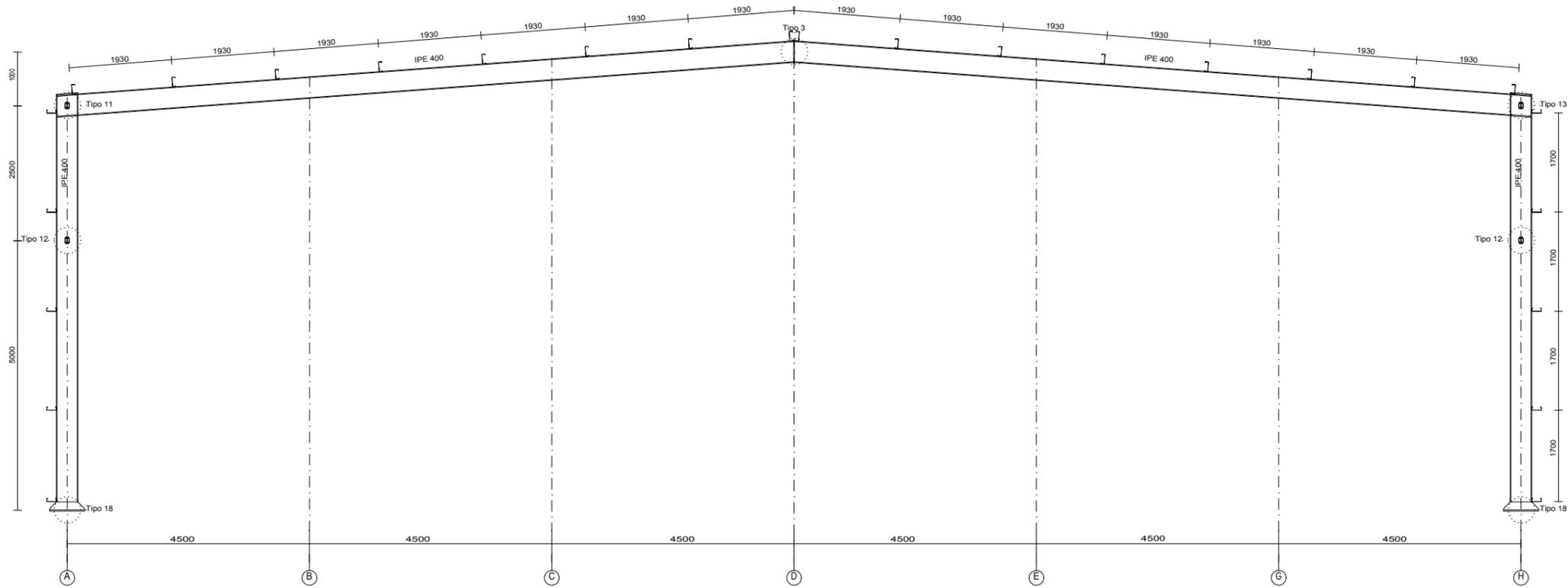
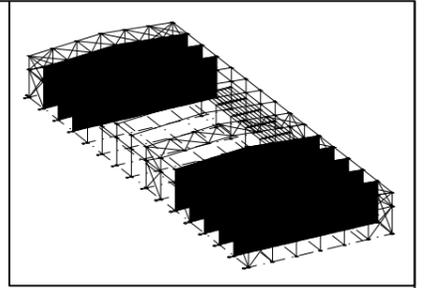
Pórticos 1 y 16



CORREAS EN CUBIERTAS		CORREAS EN LATERALES	
Tipo de acero	S 235	Tipo de acero	S 235
Tipo de perfil	CF-180x2.5	Tipo de perfil	CF-180x2.5
Número de correas	16	Número de correas	10
Separación	1.93 m	Separación	1.70 m

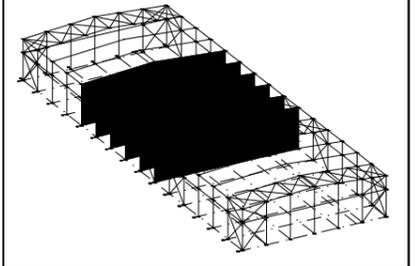
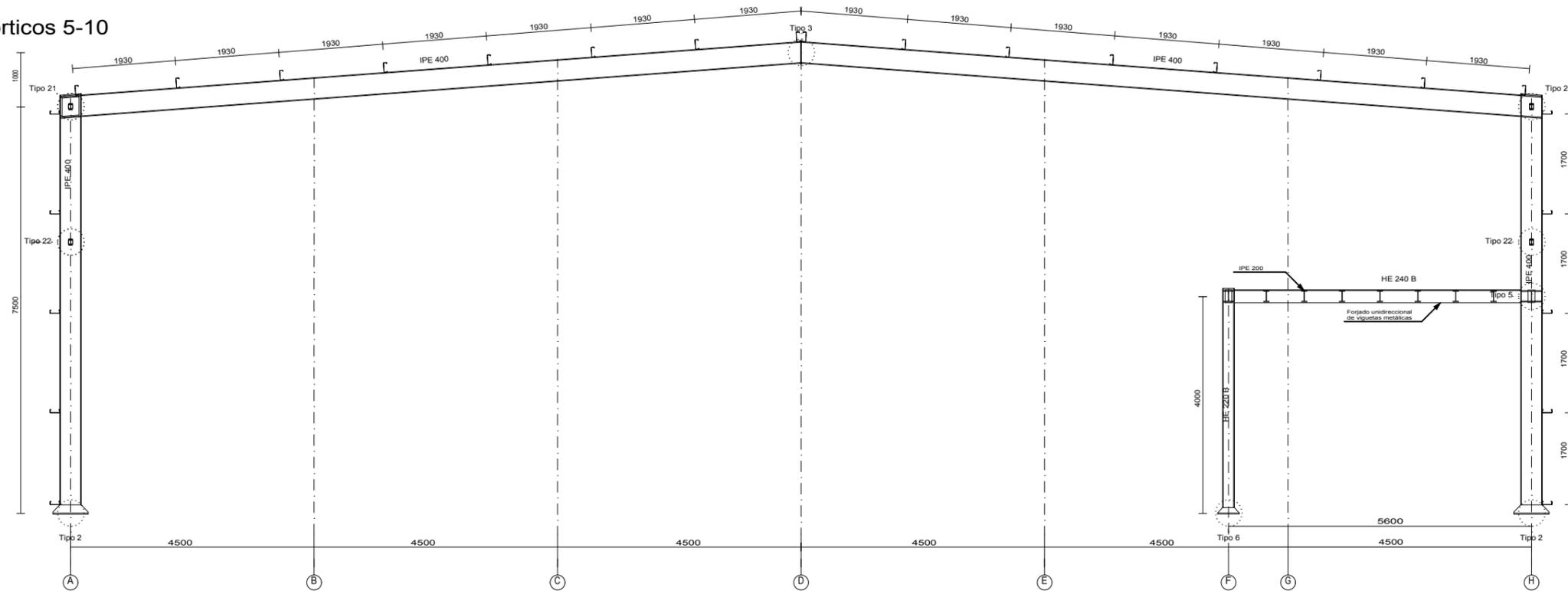
CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV)		γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

Pórticos 2-4 y 11-15



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV)		γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

Pórticos 5-10

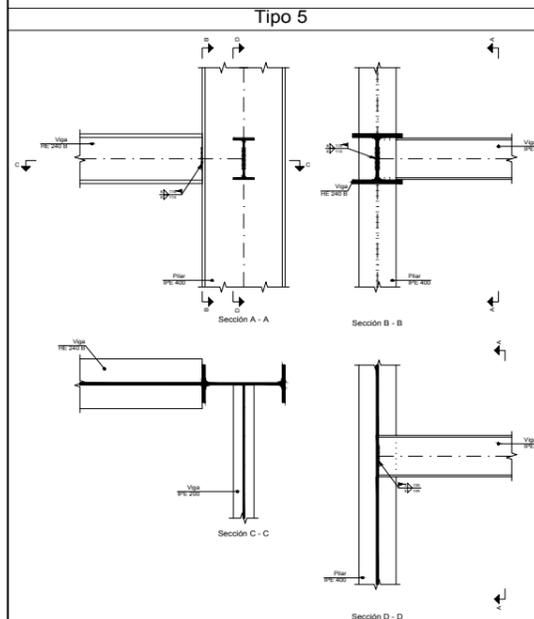
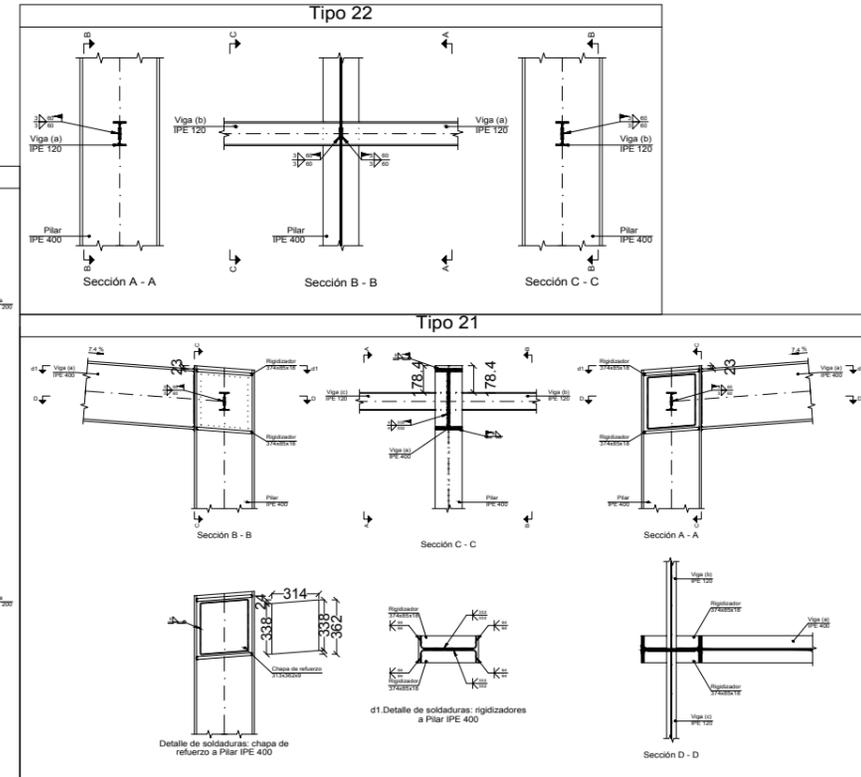


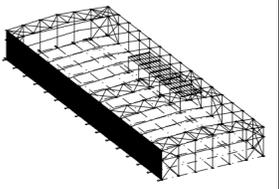
Características de los materiales - Forjados Unidireccionales										
Materiales	Hormigón								Acero	
	Control				Características				Control	
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Exposición Ambiente	Recubrimiento nominal	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo
	Estadístico	0-1.50	0-20/30	Banda (0-8 mm)	1020 mm			Normal	0-1.50	S355
Ejecución (Acciones)	Adaptado a la Instrucción EHE-08									

Datos del Forjado - Planta atillio	
Cargas	
Peso propio	2.25 kN/m ²
Zona aligerada:	4 kN/m ²
Sobrecarga de uso:	4 kN/m ²
Carga total	6.25 kN/m ²
Zona aligerada:	

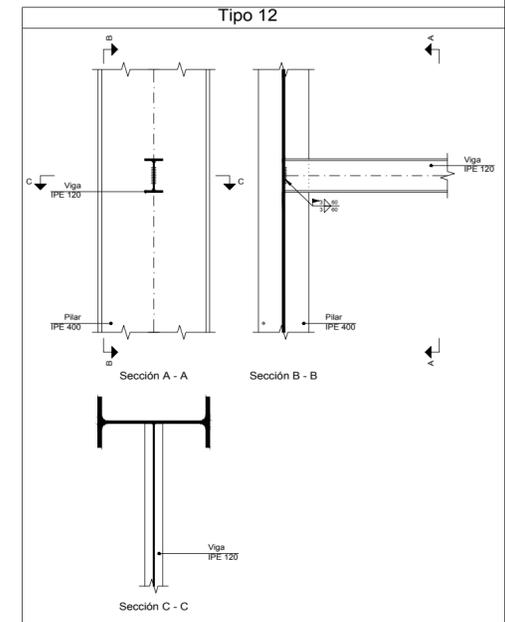
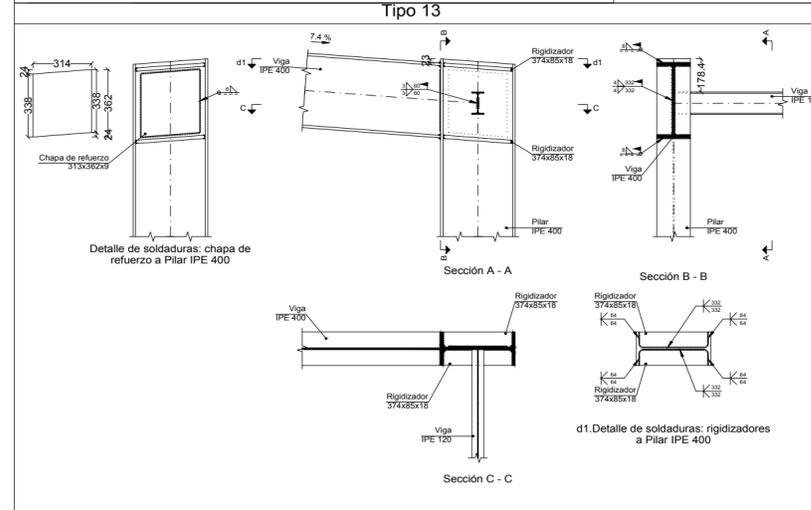
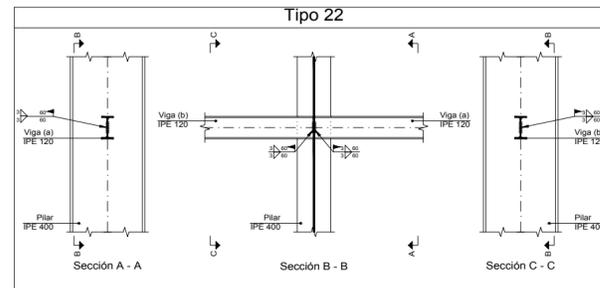
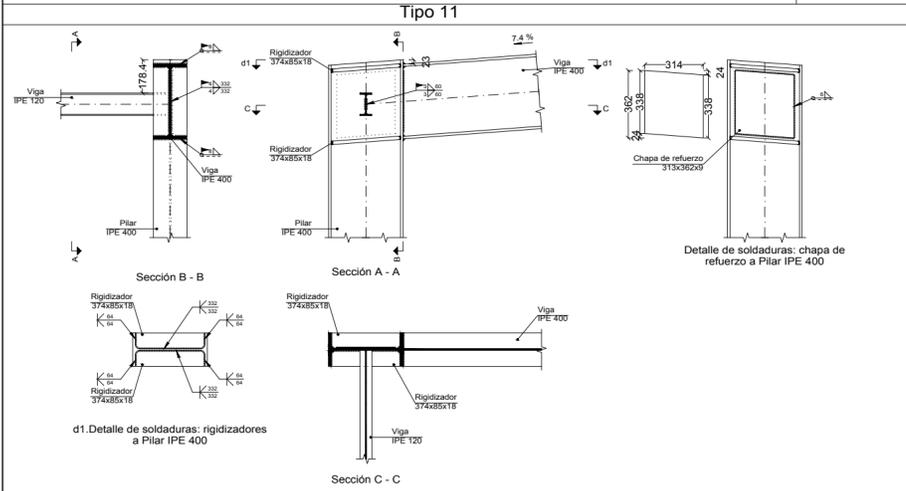
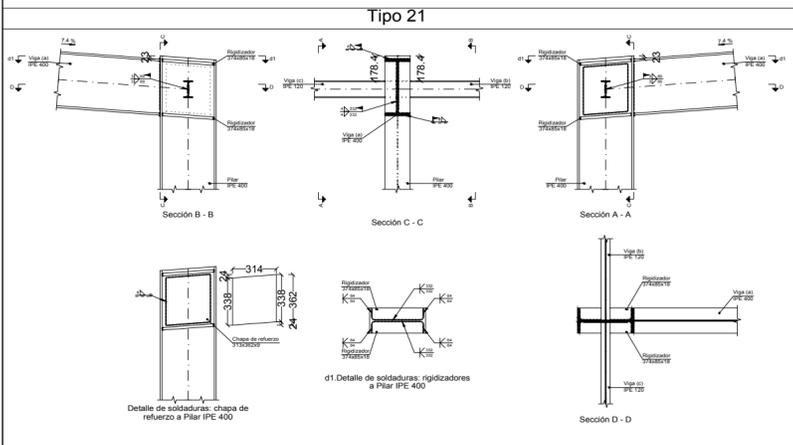
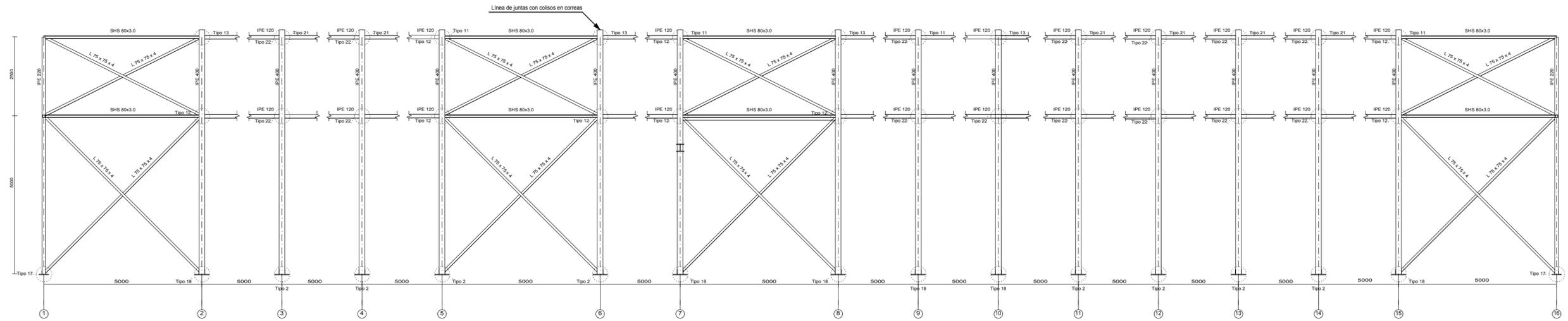
Recubrimientos nominales (*)	
	<p>Negativos viga:</p> <ol style="list-style-type: none"> - Superior: 3 cm. - Lateral en borde: 3 cm. <p>Vigas planas:</p> <ol style="list-style-type: none"> - Superior: 3.5 cm. - Lateral en borde: 5 cm (para la correcta colocación de la pata de la armadura superior perpendicular) - Inferior: 3 cm. <p>Vigas descolgadas del forjado:</p> <ol style="list-style-type: none"> - Superior: 3.5 cm. - Lateral: 3 cm. - Inferior: 3 cm.

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV)		γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$





Fachada lateral A



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV)			
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
		$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

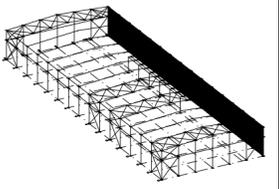
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Franceschi Sara
Autor proyecto

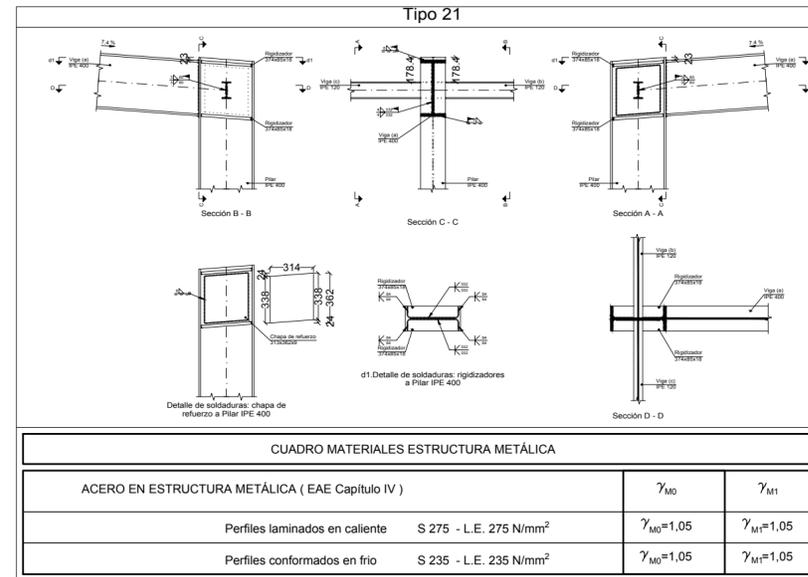
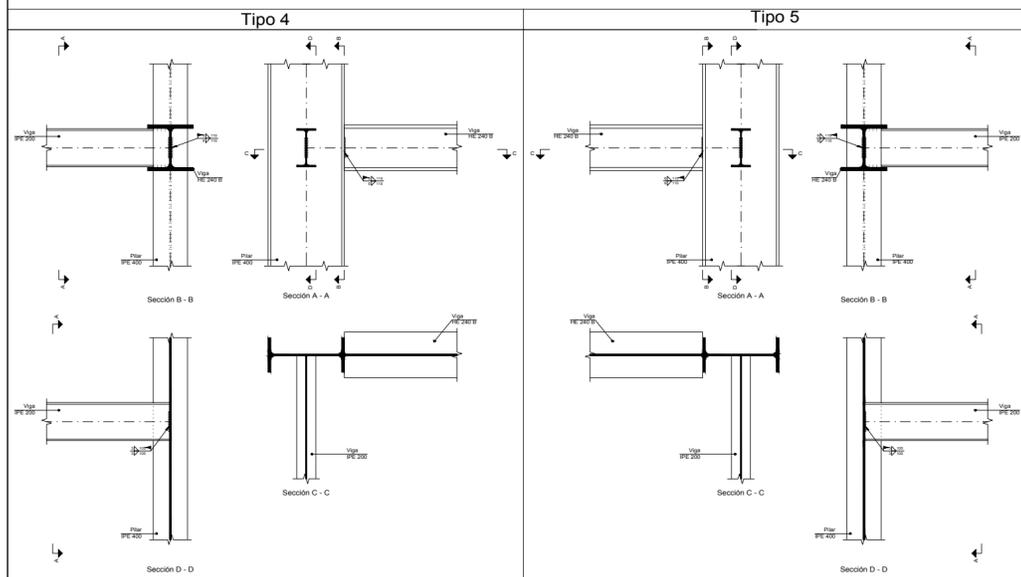
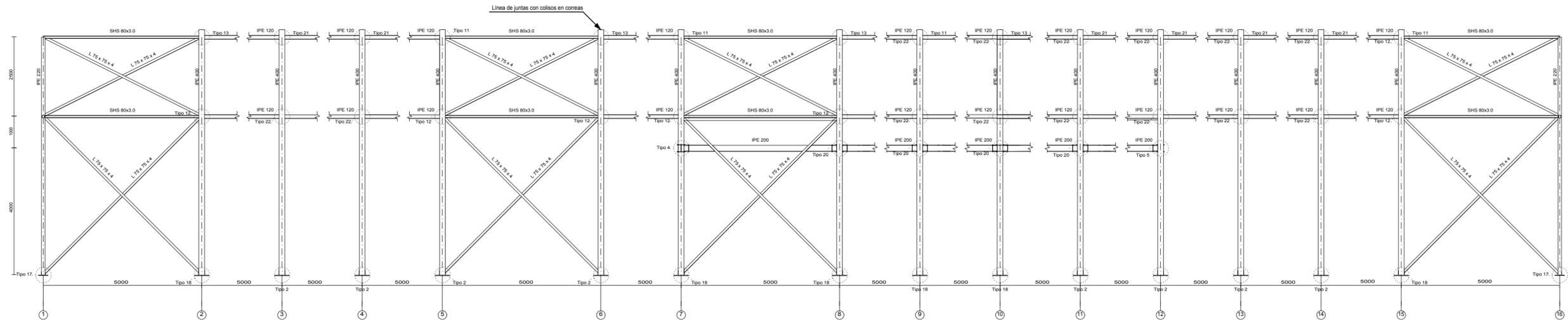
Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE AUTOMÓVILES EN MAHÓN**

Fecha: **Abril 2021** Escala: **1:100**

Plano: **Estructura. Fachada lateral A.** Nº Plano: **10**



Fachada lateral H



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV)			
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

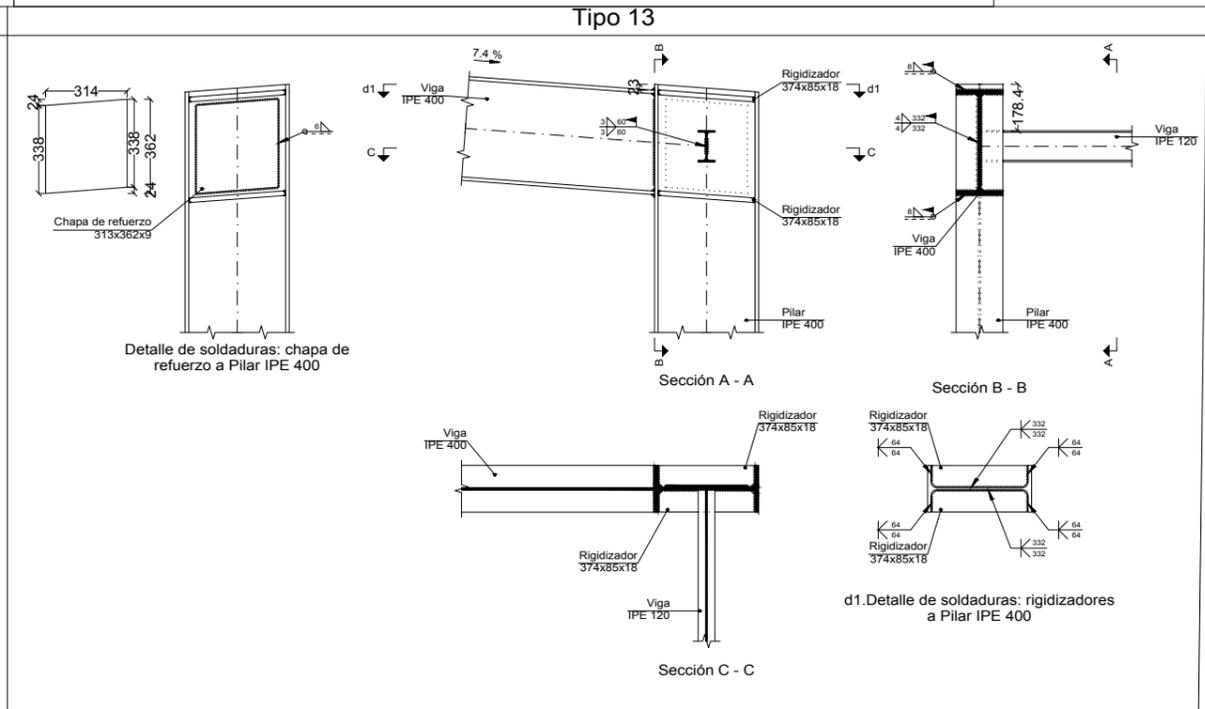
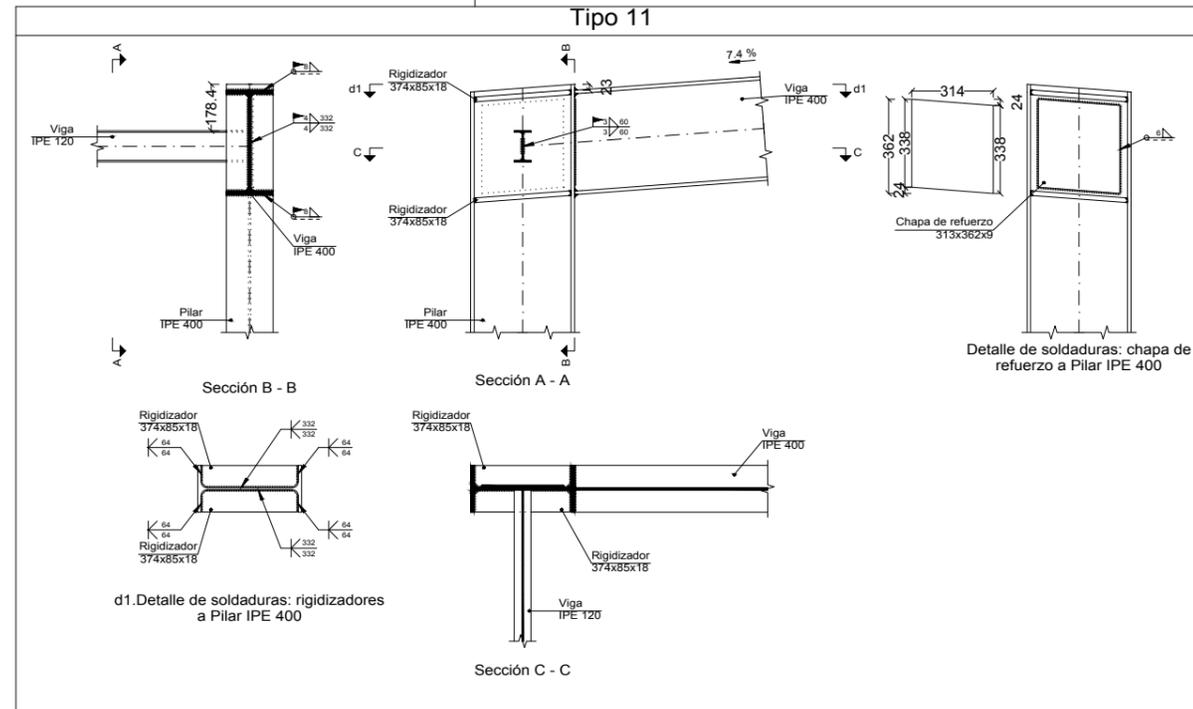
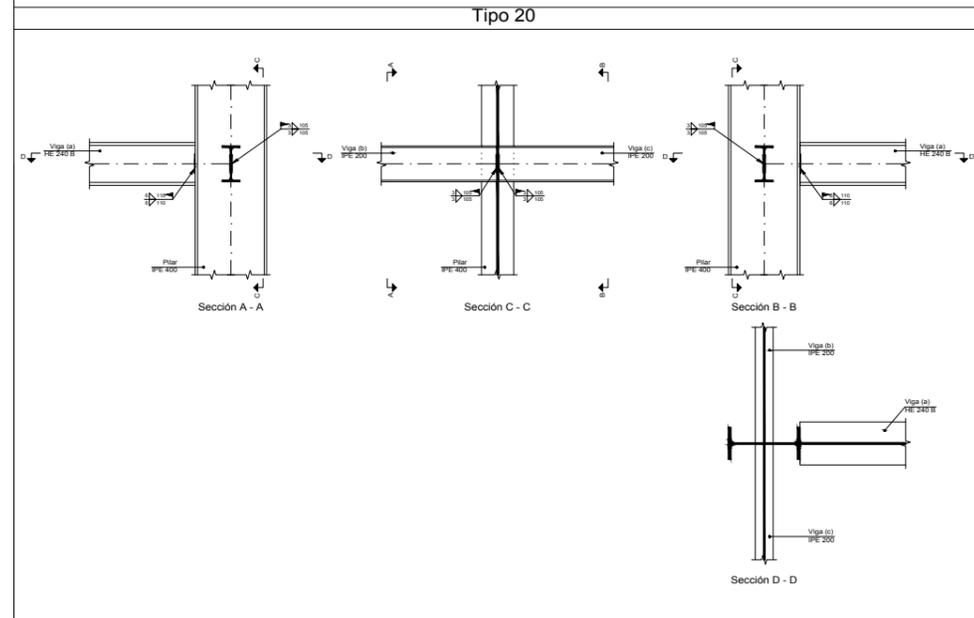
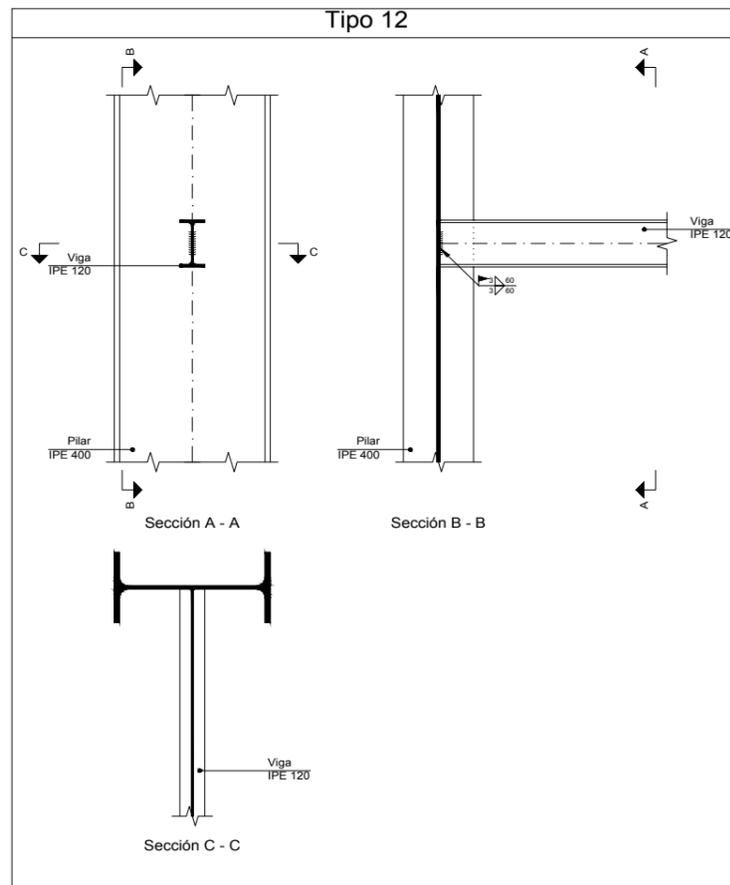
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALÈNCIA

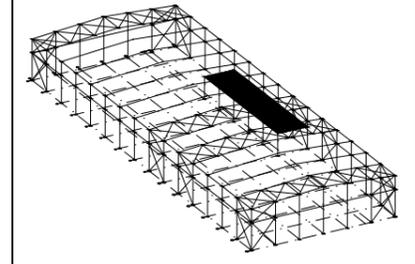
Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE AUTOMÓVILES EN MAHÓN**

Fecha: **Abril 2021** Escala: **1:100**

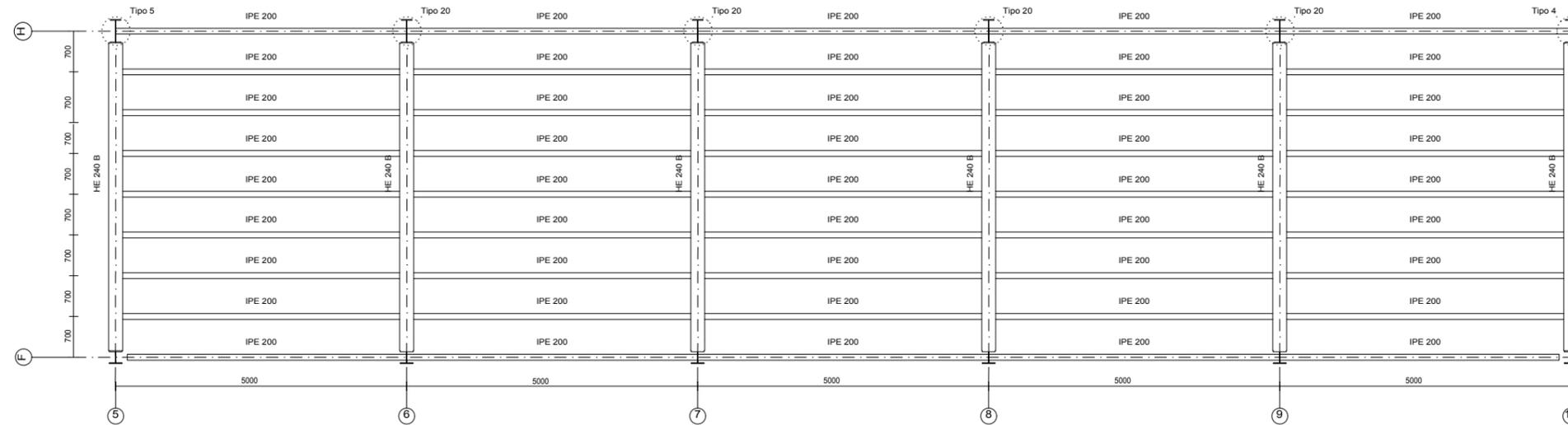
Plano: **Estructura. Fachada lateral H.** Nº Plano:

Franceschi Sara
Autor proyecto



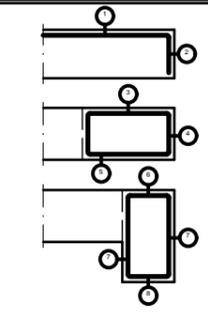


Forjado altillo

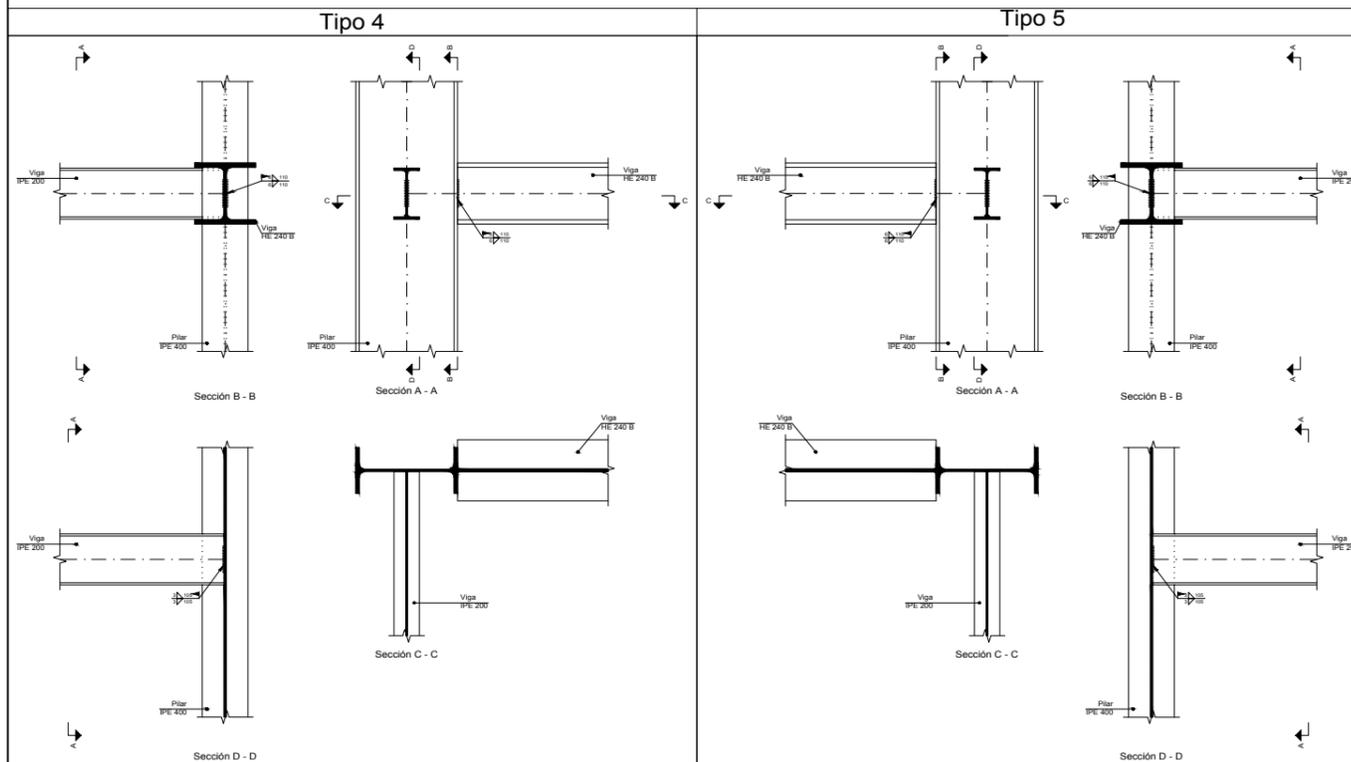


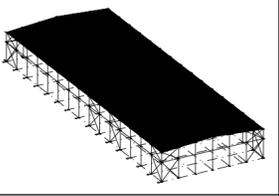
Características de los materiales - Forjados Unidireccionales												
Materiales	Hormigón								Acero			
	Control				Características				Control		Características	
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Exposición Ambiente	Recubrimiento nominal		Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	
	Estadístico	c=1.00	HA-20/30	Blanca (8-9 cm)	15/20 mm				Normal	$\gamma_{st}=1.15$	B500S	
Ejecución (Acciones)	Normal	G=1.35 Q=1.80	Adaptado a la Instrucción EHE-08									
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, ...												

Datos del Forjado - Planta altillo	
Cargas	
Peso propio	2.25 kN/m ²
Sobrecarga de uso:	4 kN/m ²
Carga total	6.25 kN/m²
Zona aligerada:	

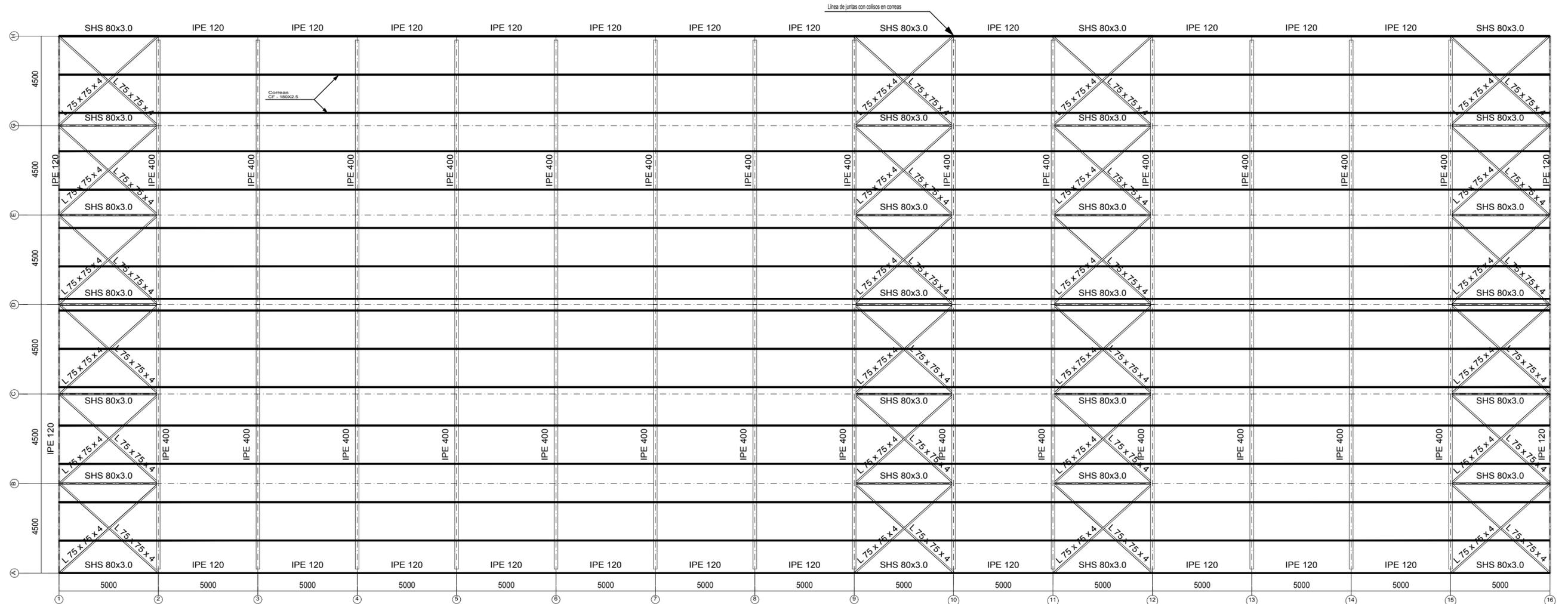
Recubrimientos nominales (*)	
	<p>Negativos vigueta:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.- Superior: 3 cm. 2.- Lateral en borde: 3 cm. <p>Vigas planas:</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.- Superior: 3.5 cm. 4.- Lateral en borde: 5 cm (para la correcta colocación de la pata de la armadura superior perpendicular) <p>Vigas descolgadas del forjado:</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.- Inferior: 3 cm. 6.- Superior: 3.5 cm. 7.- Lateral: 3 cm. 8.- Inferior: 3 cm.
(*) Recubrimientos nominales recomendados para estructuras en exposición/ambiente I y sin protección especial contra incendios.	

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV)		γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1.05$	$\gamma_{M1}=1.05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1.05$	$\gamma_{M1}=1.05$



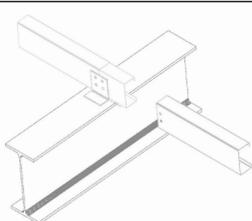


Cubierta



Correas en cubiertas

Detalle ejón anclaje correas en cubierta. Zona junta de dilatación, junta con colos



CORREAS EN CUBIERTAS		CORREAS EN LATERALES	
Tipo de acero	S 235	Tipo de acero	S 235
Tipo de perfil	CF-180x2.5	Tipo de perfil	CF-180x2.5
Número de correas	16	Número de correas	10
Separación	1.93 m	Separación	1.70 m

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV)		γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1.05$	$\gamma_{M1}=1.05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1.05$	$\gamma_{M1}=1.05$

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto:

PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE AUTOMÓVILES EN MAHÓN

Fecha:

Abril 2021

Escala:

1:150

Plano:

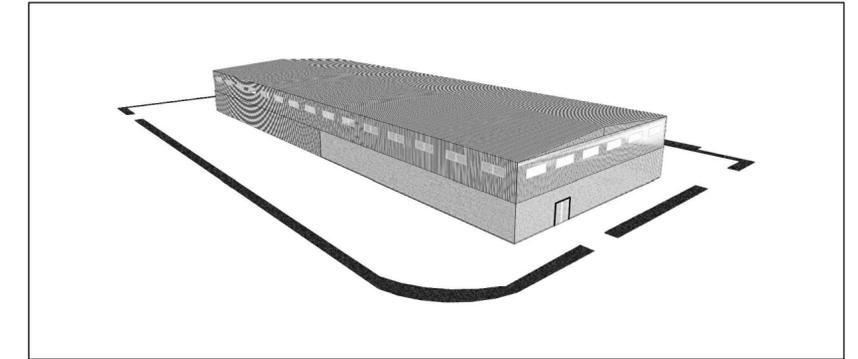
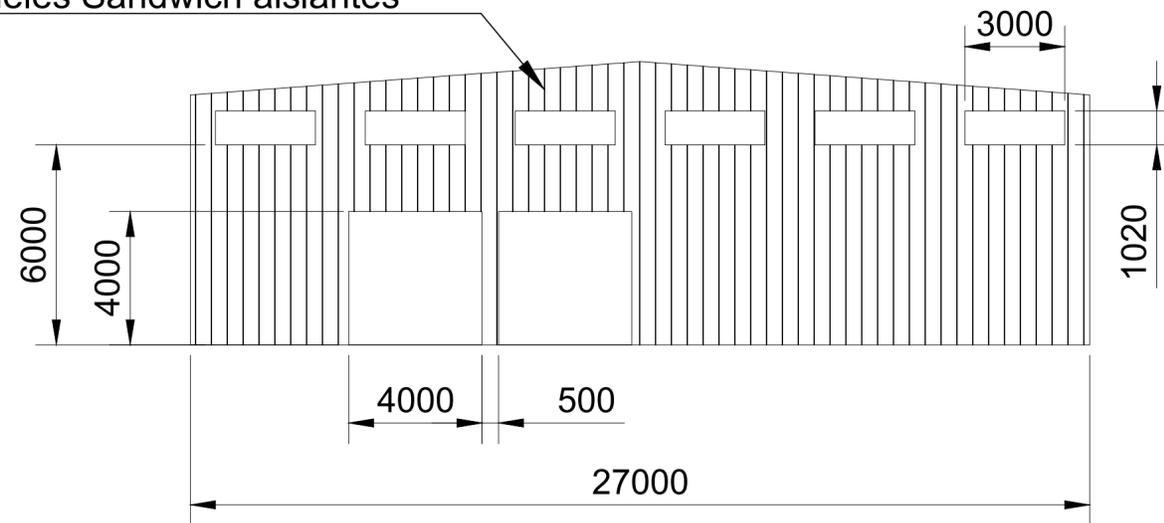
Nº Plano:

**Estructura.
Cubierta.**

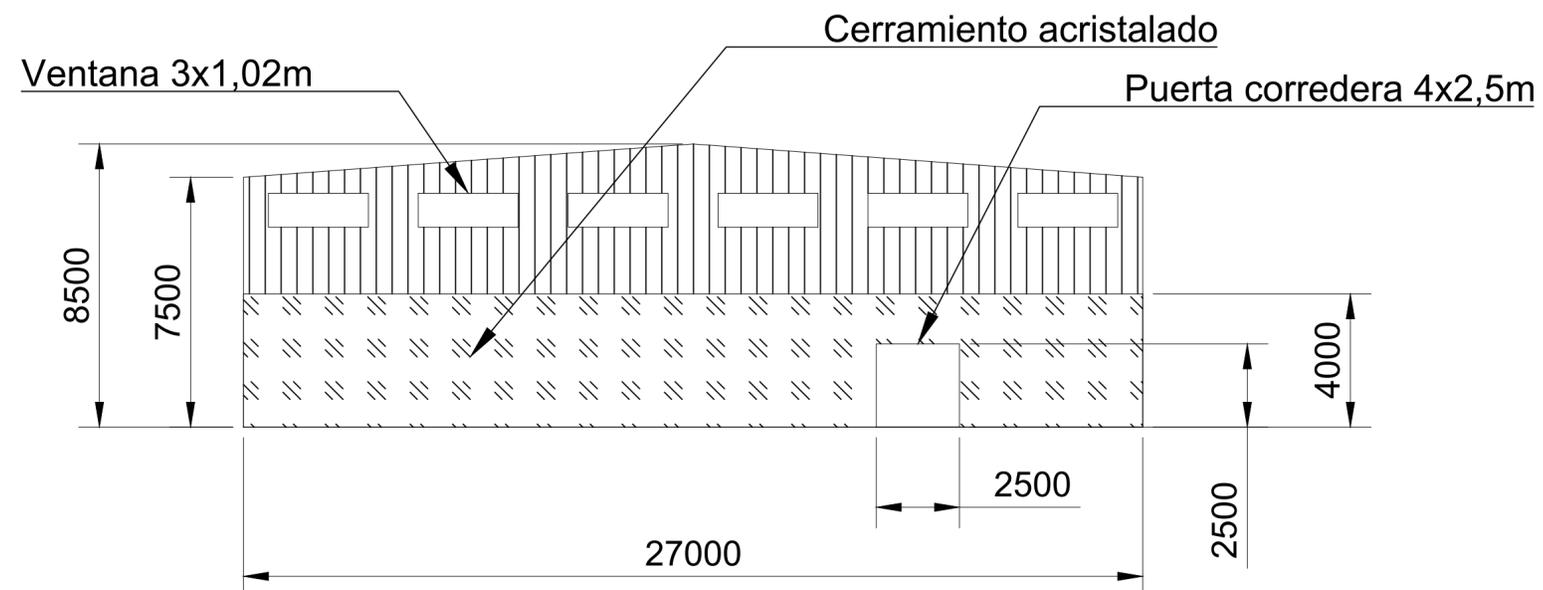
Franceschi Sara
Autor proyecto

Fachada 1

Paneles Sándwich aislantes



Fachada 16



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EXPOSICIÓN Y VENTA DE AUTOMÓVILES EN MAHÓN**

Fecha: _____

Abril 2021

Escala: _____

1:150

Plano: _____

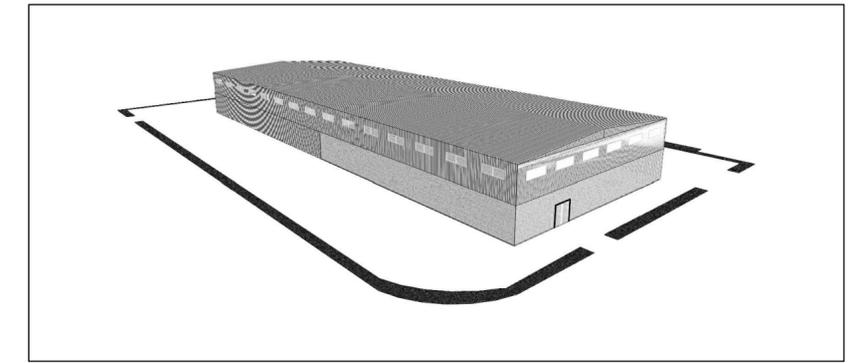
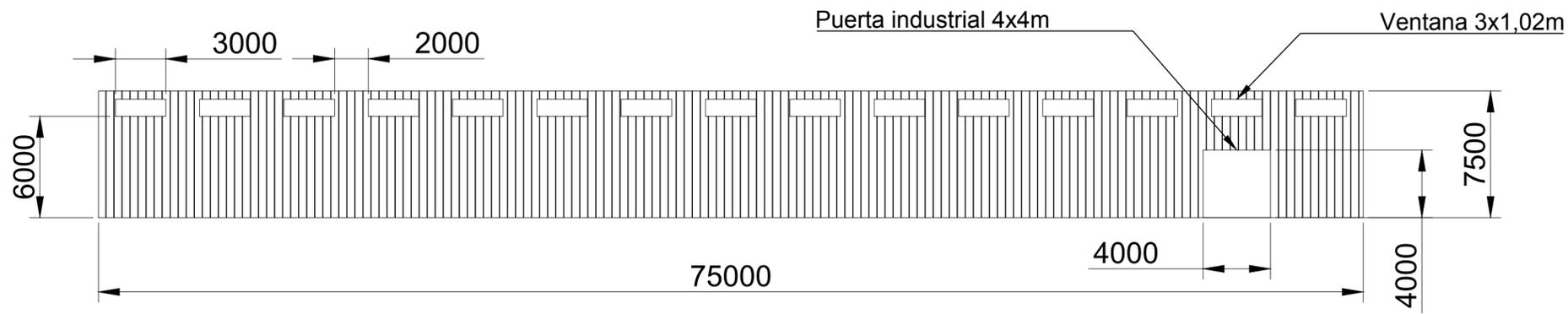
Cerramientos. Fachadas frontales.

Nº Plano: _____

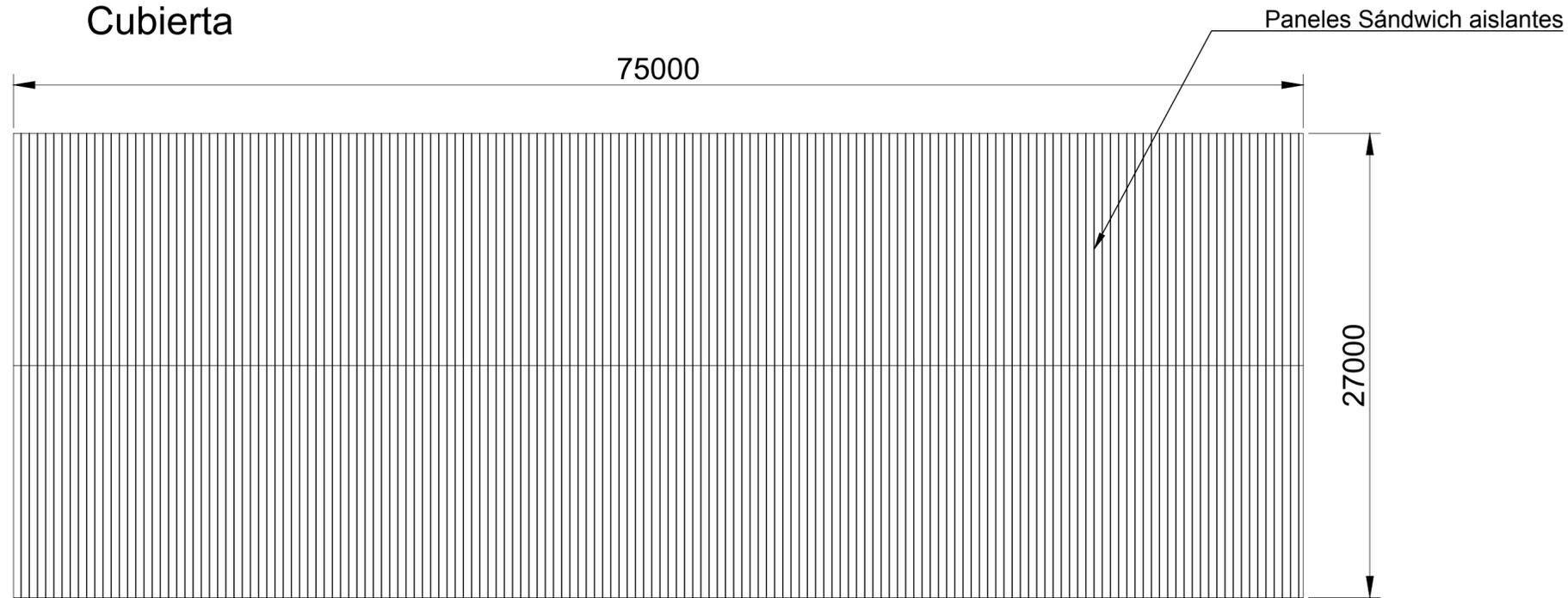
Franceschi Sara
Autor proyecto

16

Fachada lateral G



Cubierta



Fachada lateral A

