



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**PROYECTO DE CALCULO ESTRUCTURAL DE  
UNA PLANTA INDUSTRIAL DE 700 M2,  
DEDICADA A LA RECARGA Y  
DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES Y  
ELEMENTOS CONTRA INCENDIOS, SITA EN  
EL POLÍGONO INDUSTRIAL COGULLADA  
DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA**

AUTOR:    ✓ Javier Ibáñez Ferrer

TUTOR:    ✓ Pedro Ildefonso Jaén Gómez



Curso Académico: 2020-21



## Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene el objetivo de diseñar y calcular la estructura metálica para una nave industrial situada en el polígono industrial Cogullada, Zaragoza; destinada a la recarga y distribución de extintores y otros elementos contra incendios. La nave industrial diseñada consta de 8 pórticos a dos aguas de 20 metros de luz, y una separación entre pórticos de 5 metros, siendo 35 metros su longitud total. Para la realización del dimensionamiento de la estructura se ha utilizado el programa CYPE Ingenieros, concretamente: Generador de pórticos, CYPE 3D y Arquímedes; mientras que los planos se han realizado mediante AutoCAD.

## Resum

El present Treball de Fi de Grau té l'objectiu de dissenyar i calcular l'estructura metàl·lica per una nau industrial situada al polígon industrial "Cogullada", Zaragoza; destinada a la recarrega i distribució d'extintors i altres elements contra incendis. La nau industrial dissenyada consta de 8 pòrtics a dues aigües de 20 metres de llum, i una separació entre pòrtics de 5 metres, fent així que la seva longitud total sigui de 35 metres. Per a la realització del dimensionament de l'estructura s'ha emprat el programa "CYPE Ingenieros", concretament: "Generador de pórticos", "CYPE 3D" i "Arquímedes"; mentres que els plànols han sigut realitzats mitjançant "AutoCAD".

## Abstract

The present Bachelor Degree Final Project consists of designing and calculating the metallic structure of an industrial warehouse located in the industrial estate "Cogullada", Zaragoza; used for recharging and distribution of fire extinguishers and other fire protection elements. The industrial warehouse dimensions are 20 meters wide and 35 meters long. The programs used in this Final project are: "Generado de pórticos", "CYPE 3D" and "Arquímedes"; meanwhile blueprints were made by AutoCAD.

# Índice General

1. MEMORIA DESCRIPTIVA
2. ANEXO I. NORMATIVA URBANÍSTICA
3. ANEXO II. CÁLCULOS
4. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS
5. PLANOS

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL  
DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE 700  
M<sup>2</sup>, DEDICADA A LA RECARGA Y  
DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES Y  
ELEMENTOS CONTRA INCENDIOS, SITA  
EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL  
“COGULLADA” DEL MUNICIPIO DE  
ZARAGOZA

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

AUTOR: JAVIER IBÁÑEZ FERRER

TUTOR: PEDRO ILDEFONSO JAÉN GÓMEZ



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA



## Índice

1. Objeto del trabajo.....	4
2. Introducción al proyecto.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Motivación.....	4
2.3. Justificación .....	4
3. Situación y emplazamiento.....	5
4. Normativa aplicada.....	7
5. Requerimientos espaciales y constructivos .....	8
5.1. Distribución en planta.....	8
6. Descripción de la solución adoptada .....	12
6.1. Actuaciones previas .....	12
6.2. Cimentación.....	13
6.3. Solera.....	14
6.4. Cerramientos .....	14
6.5. Materiales.....	14
6.6. Estructura .....	14
6.6.1. Pórticos interiores.....	15
6.6.2. Pórticos de fachada .....	16
6.6.3. Fachadas laterales .....	17
6.6.4. Sistema contraviento .....	18
6.6.5. Placas de anclaje.....	19
6.6.6. Correas.....	19
6.7. Instalaciones. Ventilación y pluviales.....	19
7. Presupuesto.....	21
8. Bibliografía.....	23

## Índice de Tablas

a) Superficies .....	11
----------------------	----



## Índice de Imágenes

I.	Localización del polígono y zonas de interés .....	6
II.	Localización de la parcela en el polígono .....	6
III.	Distribución en planta .....	11
IV.	Cimentación .....	13
V.	Estructura 3D .....	15
VI.	Pórtico interior .....	16
VII.	Pórtico de fachada .....	17
VIII.	Fachada lateral .....	17
IX.	Soporte para cerramientos en fachada lateral .....	18
X.	Sistema contraviento de cubierta .....	18

## 1. Objeto del trabajo

El presente documento forma parte del Trabajo Final de Grado (TFG) del alumno Javier Ibáñez Ferrer, alumno de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) matriculado en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI).

El objeto del trabajo consiste en el diseño y el cálculo de la estructura y la cimentación de una nave industrial situada en el polígono Cogullada, en la ciudad de Zaragoza; que alberga la actividad de recarga y distribución de extintores y otros elementos contra incendios. La nave ha sido diseñada con el fin de que pueda albergar todas las actividades propias de la empresa: administración, producción, almacenaje y distribución.

## 2. Introducción al proyecto

### 2.1. Antecedentes

La empresa Sarpans S.L. desea traspasarse de su antiguo local, unos bajos de un edificio cerca del centro de Zaragoza, a una local con espacios más amplios para los empleados y para incorporar pequeñas expansiones.

Se contactó con el propietario de la empresa para conocer los requerimientos que precisaba el diseño, como las zonas de trabajo en las que se divide el negocio y sus dimensiones estimadas de cada una de ellas, incluidas las nuevas líneas que se quieren incorporar. También se comentaron las distintas limitaciones que tiene con el antiguo local y han intentado ser corregidas con la nueva distribución en planta, la cual se comentará más adelante.

### 2.2. Motivación

La principal motivación por la que se ha elegido realizar este Trabajo Final de Grado es para finalizar los estudios del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales y así poder acceder al Máster para acabar la titulación.

La elección de este trabajo sobre el cálculo y diseño de la estructura de una nave industrial se ha determinado por un factor: quería realizar un trabajo sobre un campo que no hubiese profundizado más los conocimientos mediante optativas, permitiéndome conocer diferentes campos a lo largo de este último semestre para así escoger la rama de master que más me guste y me convenga, ya que, gracias a asignaturas como “Tecnología de la construcción”, la construcción y los proyectos a gran escala son un tema que me han llamado la atención.

### 2.3. Justificación

El Trabajo Final de Grado permite obtener el graduado, paso previo para acceder al Máster universitario, el cual permite la obtención del título como Ingeniero Industrial.

Según el ámbito académico, el Trabajo Final de Grado me ha permitido reconocer la relación entre distintos campos estudiados de forma separada a lo largo del grado, haciendo visible que todas las asignaturas estudiadas son realmente importantes e interdependientes entre ellas, teniendo que tener conocimientos de cada una de ellas: gracias a Tecnología de la construcción he sabido interpretar las soluciones que se han determinado con el programa CYPE (tanto los extraídos por el generador de pórticos como los de CYPE 3D); gracias a Ingeniería Gráfica la realización de los planos; y gracias a Proyectos una correcta distribución en planta y una presentación de los presupuestos.

### 3. Situación y emplazamiento

El lugar escogido para la implementación de la nave se encuentra en el polígono industrial “Cogullada”, situada en la provincia de Zaragoza.

La provincia fue escogida por las exigencias del propietario, quien decidió establecer la nueva nave en la ciudad de Zaragoza, donde ha ejercido la actividad de recarga de extintores desde los inicios de la empresa.

Al haber escogido la ciudad, se establecieron los siguientes criterios para la elección del emplazamiento:

- Un polígono industrial que esté lo más cerca del centro de Zaragoza, ya que es donde se encuentran gran parte de sus clientes. Es decir, fácil comunicación a través de carreteras con la ciudad.
- Una parcela que cumpla espacios para permitir la circulación de furgonetas de manera cómoda y sencilla.
- Una cantidad considerable de empresas en los alrededores que puedan llegar a ser posibles clientes en un futuro. Para cumplir este criterio se debería realizar un estudio de mercado para ver realmente si son posibles clientes o no.

Una vez descrito los criterios, se fueron estudiando los distintos polígonos industriales de la ciudad hasta que al final se escogió el polígono industrial “Cogullada” por los siguientes motivos:

- Se encuentra a 5 km del centro de Zaragoza con una buena comunicación a ella gracias a la proximidad de calles como la “Calle del Marqués de la Cadena” y la “Ronda Hispanidad”.
- Existen un gran número de empresas en sus alrededores y donde, además, a 2 km de distancia, se encuentra el Parque de bomberos nº1 de Zaragoza, con los cuales ya suministraban productos anteriormente.



Imagen I. Localización del polígono y zonas de interés (Lokinn)

La parcela escogida finalmente es la nº8 del distrito 82517 de la dirección general del catastro (referencia catastral: 8251708XM7185A0001QM), ya que hace esquina entre dos calles lo que permitiría la entrada de las furgonetas por la parte lateral, mientras que los empleados y clientes entrarían por parte de fachada donde se encuentran las oficinas. Las dimensiones totales de la parcela son de 1694 m<sup>2</sup>.



Imagen II. Localización de la parcela en el polígono (Lokinn)

Respecto a la normativa urbanística del polígono industrial Cogullada se establece en la sección quinta del capítulo 4.2 del Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza 2001. Dentro de esta sección se encuentra el artículo 4.2.17 con las especificaciones propias para los polígonos de Malpica y Cogullada.

En este artículo se establecen distintos puntos sobre la edificabilidad de la parcela:

- El tipo de edificación dominante dispone los bloques destinados a usos no fabriles (recepciones, despachos, oficinas, ...) como cuerpos representativos que dan fachada a la vía principal, con un adecuado tratamiento arquitectónico, y urbanización y ajardinamiento de los retranqueos; tras los cuerpos representativos, se sitúan las naves y los elementos funcionales del proceso industrial. Al realizar la distribución en planta se ha tenido en cuenta este apartado ya que en la fachada hemos colocado las partes de oficinas, recepciones y despachos; mientras que en la parte posterior se encuentra el proceso productivo.
- La edificabilidad de la parcela es de  $1.50 \text{ m}^2/\text{m}^2$ , con una altura máxima de 10,50 metros en naves. Los retranqueos mínimos frontales los indican los planos de calificación y regulación del suelo, mientras que los retranqueos mínimos posteriores son de 5 m y laterales de 3 m. También fija una altura máxima en naves de 10.50 metros. En nuestro caso la altura de cornisa es de 7.875 metros y una ocupación de la parcela del 41%, ya que la nave constará de una única planta de  $700 \text{ m}^2$ , siendo la superficie total de  $1694 \text{ m}^2$ . Respecto a los retranqueos frontales, posteriores y laterales se han determinado que son de 5 metros (los retranqueos frontales se han medido con el visualizador de la sede electrónica del catastro).

## 4. Normativa aplicada

La normativa considerada en el presente trabajo es la normativa vigente en el estado español:

- Real Decreto 314/2016 en el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (con sus modificaciones posteriores, siendo las últimas las recogidas en el Real Decreto 732/2019) que se aplican a obras de edificación de nueva construcción, salvo en construcciones sencillas y pequeñas, no residenciales o públicas, de una sola planta. De este código, hemos aplicado una serie de documentos de obligado cumplimiento:
  - Documento Básico Seguridad Estructural (DB SE): Establece las reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural.
  - Documento Básico Seguridad Estructural de Acciones en la Edificación (DB SE-AE): Determina las acciones sobre el edificio para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE.
  - Documento Básico Seguridad Estructural de Aceros (DB SE-A): Comprueba y verifica la estabilidad y la resistencia de los elementos y su aptitud al servicio.
- Real Decreto 1247/2008 en el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08) en los que se establece los requisitos a tener en cuenta en el proyecto y ejecución de estructuras de hormigón, tanto de edificación como de ingeniería civil.

- Plan General De Ordenación Urbana De Zaragoza 2001, texto refundido en 2007 y actualizado en octubre de 2018. Se ha tenido en cuenta concretamente la Sección Quinta del Capítulo 4.2, que recoge la normativa respecto a la edificabilidad sobre el tipo de suelo en el que se encuentra nuestra parcela.

## 5. Requerimientos espaciales y constructivos

Como se ha dicho antes, la parcela elegida ha sido la nº8 del distrito 82517, con unas dimensiones aproximadas de 50x34 metros con una forma casi rectangular de 1700 m<sup>2</sup>. Respecto a la nave industrial, se han decidido unas dimensiones de 35x20 metros, lo que supone unos 700 m<sup>2</sup>; consiguiendo así que la edificabilidad de la parcela se establezca en un 0,41 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, muy por debajo del límite de 1.50 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. El resto de parcela sin edificar no tendrá en principio ningún uso en particular.

Siguiendo con la normativa, se dejarán unos retranqueos de 5 metros tanto en los dos frontales como en los laterales, ya que así las zanjas de cimentación quedan dentro de la parcela, sin ocupar ninguna colindante a esta.

Respecto a las dimensiones de la nave se ha establecido una luz de 20 metros con una longitud total de la nave de 35 metros, altura de pilares de 7 metros y una altura de cornisa de 7.875 metros (siendo su pendiente de 5º), cumpliendo con la normativa de 10.50 metros de altura máxima.

### 5.1. Distribución en planta

Para justificar las dimensiones de la nave, se ha realizado la distribución en planta según los datos proporcionados por el propietario de la empresa para conocer cuáles son las diferentes zonas de trabajo y sus dimensiones para el desarrollo correcto de la actividad.

Antes de explicar las zonas de trabajo y sus dimensiones en detalle, es necesario explicar el proceso productivo de recarga de extintores para entender como es la secuencia de trabajo:

Los extintores una vez llegan en las furgonetas se descargan y se llevan a una mesa de trabajo donde se inmovilizan, se abren y se vacían con un aspirador industrial (todos los elementos de sujeción y aspiración se incluyen en un banco de trabajo). Después del vaciado los extintores se llevan a realizar una prueba hidráulica donde, si no pasan la prueba, se determina no apto y se sustituye por otro extintor el cual se encuentra en un almacén general. Los extintores que pasan la prueba se deben secar antes de la recarga, por lo que se llevan a una zona de secado por aire caliente. Posteriormente se llevan a la zona de recarga donde se cargan con una tolva mediante uno de los dos métodos de llenado que tiene la empresa: con CO<sub>2</sub> o con polvo (dos líneas diferentes en la nueva nave). Luego se lleva a un banco de trabajo para realizar el cerrado por presión con nitrógeno, se realizan unas últimas pruebas, se troquea el grabado del sello de la empresa y se completa toda la documentación necesaria para certificar que la recarga cumple toda normativa. Finalmente se lleva al almacén de recogida listos para su distribución.

Respecto a los otros elementos que no son extintores a recargar, es decir: mangueras, alarmas, ...; todos ellos se guardan en el almacén general y se llevan al almacén de recogida cuando deben ser distribuidos.

Ya conocido el proceso de recarga, vamos a nombrar las zonas de trabajo proporcionadas por el propietario y sus dimensiones aproximadas:

- Recepción: sala de espera para los clientes con una pequeña exposición de diferentes productos propios de la empresa. Se estimó unas dimensiones de 20 m<sup>2</sup>.
- Oficinas: Área de trabajo para cinco secretarios/as y un encargado/a general que desempeñan la labor administrativa de la empresa. Se estimó unas dimensiones de 40 m<sup>2</sup>.
- Despachos: Dos despachos separados para el gerente y un alto directivo de la empresa. Se estimó unas dimensiones de 30 m<sup>2</sup> para los dos despachos (15 m<sup>2</sup> para cada uno).
- Zona de mesas para comerciales y técnicos: Lugar de descanso para los empleados de la zona de producción. En esta sala se realiza cada día por la mañana una reunión con todos los empleados para determinar la hoja de ruta del día para cada uno de ellos. Se estimó unas dimensiones de 40 m<sup>2</sup>.
- Vestuarios: Zona con duchas y taquillas para los técnicos del área de producción. Se estimó también unas dimensiones de 40 m<sup>2</sup>.
- Almacén de archivos: Pequeño almacén de archivadores para guardar documentación sobre la empresa. Se estimó unas dimensiones de 10 m<sup>2</sup>.
- Almacén de entrada: Almacén por el cual llegan las furgonetas y depositan los extintores que necesitan ser recargados. Se estimó unas dimensiones de 40 m<sup>2</sup>.
- Almacén de salida: Almacén donde se dejan los productos que van a ser recogidos por las camionetas para su posterior distribución al cliente. Estos productos pueden llegar a ser extintores, mangueras, alarma, etc. Se estimó unas dimensiones de 80 m<sup>2</sup>.
- Almacén general: Almacén donde se encuentran repuestos de herramientas, componentes electrónicos, extintores de repuesto, ... Se estimó unas dimensiones de 60 m<sup>2</sup>.
- Área de trabajo: Zona de producción donde se procede al rellenado de los extintores y se comprueba su validez mediante una serie de pruebas. El área de trabajo se ha dividido en cuatro zonas diferenciadas según el trabajo requerido:
  - Banco de vaciado: Banco de trabajo donde mediante un gato hidráulico se sujeta el extintor y se aspira el gas con una aspiradora industrial. Según los requerimientos del propietario se necesitan 3 bancos de vaciado actualmente. Mediante la aplicación del método Guerchet se ha estimado y redondeado unas dimensiones de 20 m<sup>2</sup> cada uno.
  - Prueba hidráulica: Zona donde los extintores se someten a una prueba hidráulica para determinar si siguen siendo útiles o nulos. Mediante la aplicación del método Guerchet se ha estimado y redondeado a unas dimensiones de 18 m<sup>2</sup>.
  - Secado: Lugar donde se depositan los extintores validos después de la prueba hidráulica para secar el interior de estos. Mediante la aplicación del método Guerchet se ha estimado y redondeado a unas dimensiones de 15 m<sup>2</sup>.
  - Recarga e inspección: 2 bancos de trabajo diferenciados por el método de recarga que se haya especificado (extintores de CO<sub>2</sub> o de polvo). Cada zona de trabajo se compone de una tolva, con el producto para recarga, una báscula para medir el peso y un banco de trabajo para realizar los últimos montajes y colocar precintos. Mediante la

aplicación del método Guerchet se ha estimado y redondeado a unas dimensiones de 48 m<sup>2</sup>.

#### Cálculo de las zonas utilizando el método Guerchet

Los cálculos realizados para determinar el área necesaria para las diferentes zonas de trabajo han sido mediante el método de Guerchet.

Primero de todo se ha calculado la superficie estática (Ses) que determina la zona ocupada físicamente por la maquinaria y demás instalaciones. En nuestro caso se ha determinado esta superficie teniendo en cuenta las dimensiones de las máquinas y mesas de trabajo (largo x ancho):

- Banco de Vaciado:  $3 \times 1.75 = 5.25 \text{ m}^2$
- Prueba hidráulica:  $3 \times 1.5 = 4.5 \text{ m}^2$
- Secado:  $2.5 \times 1.6 = 4 \text{ m}^2$
- Recarga e inspección:  $5.75 \times 2 = 11.5 \text{ m}^2$

Una vez calculada la superficie estática, se procede a calcular la superficie de gravitación (Sg) que determina la zona utilizada por los operarios que están trabajando y por la materia que está procesándose en el puesto de trabajo. Se calcula multiplicando la superficie estática por el número de lados útiles de la zona de trabajo. En nuestro caso hemos determinado, para todas las zonas, dos lados útiles (n=2). Para cada zona se ha obtenido los siguientes valores:

- Banco de Vaciado:  $5.25 \times 2 = 10.5 \text{ m}^2$
- Prueba hidráulica:  $4.5 \times 2 = 9 \text{ m}^2$
- Secado:  $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
- Recarga e inspección:  $11.5 \times 2 = 23 \text{ m}^2$

Por último, se calcula la superficie de evolución (Sev) que consta de la superficie necesaria entre diferentes puestos de trabajo para el movimiento del personal y del material y sus medios de transporte. Se calcula sumando las superficie estática y la superficie de gravitación y su solución multiplicarla por el factor de evolución (k). En nuestro caso hemos elegido un factor de evolución bajo (k=0.25) para poder detallar en los planos los diferentes pasillos entre zonas de trabajo, para que se vea más claramente el recorrido del producto (todas las zonas de pasillos se corresponderían a superficie de evolución si se pusiera un factor de evolución más alto).

- Banco de Vaciado:  $(5.25 + 10.5) \times 0.25 = 3.94 \text{ m}^2$
- Prueba hidráulica:  $(4.5 + 9) \times 0.25 = 3.375 \text{ m}^2$
- Secado:  $(4 + 8) \times 0.25 = 3 \text{ m}^2$
- Recarga e inspección:  $(11.5 + 23) \times 0.25 = 8.625 \text{ m}^2$

La superficie total para cada zona de trabajo es:

- Banco de Vaciado:  $5.25 + 10.5 + 3.94 = 19.69$
- Prueba hidráulica:  $4.5 + 9 + 3.375 = 16.875$
- Secado:  $4 + 8 + 3 = 15$

- Recarga e inspección:  $11.5 + 23 + 8.625 = 43.125$

A continuación, se representa una tabla resumen con las superficies obtenidas para las diferentes zonas de trabajo:

Puestos	Nº lados útiles	Ses(m <sup>2</sup> )	Sg(m <sup>2</sup> )	Sev(m <sup>2</sup> )	St(m <sup>2</sup> )
Banco Vaciado	2	5.25	10.5	3.94	19.69
Prueba hidráulica	2	4.5	9	3.375	16.875
Secado	2	4	8	3	15
Recarga e inspección	2	11.5	23	8.625	43.125

Tabla a. Superficies

Después de considerar todos los aspectos comentados anteriormente y el proceso de producción, llegamos a la siguiente propuesta:

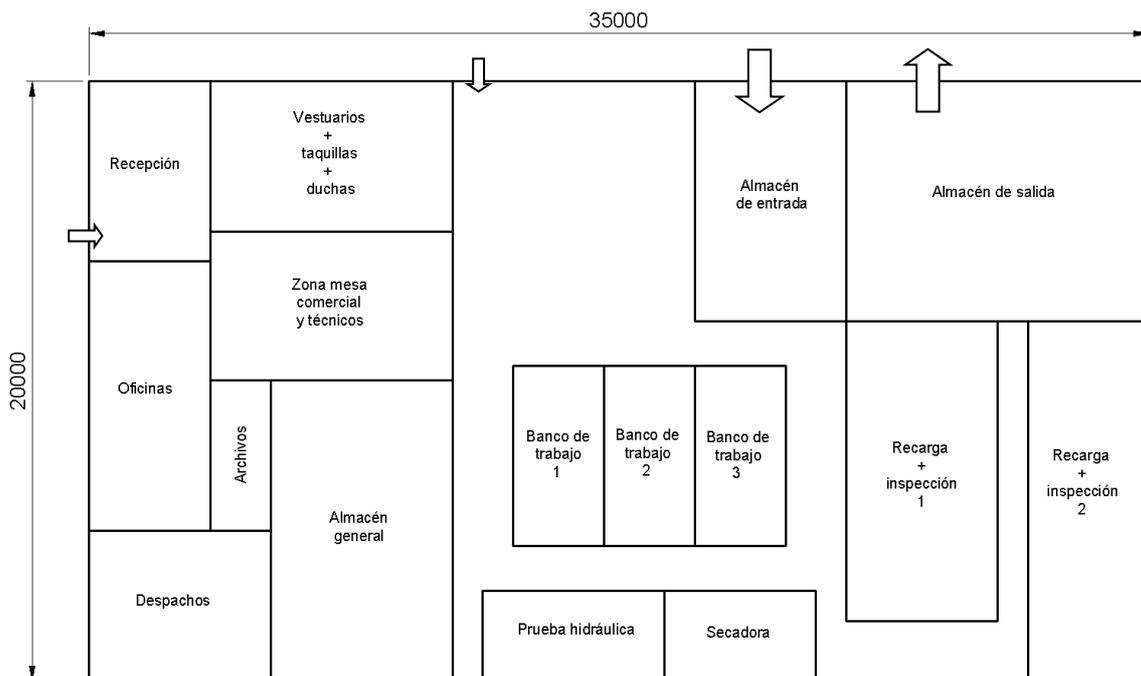


Imagen III. Distribución en planta

La nave se puede dividir en dos partes diferenciadas: la zona administrativa donde se encuentran las oficinas, los despachos, y zonas para el personal, incluido también un almacén general de reserva; y la zona de producción, con los almacenes para la distribución y la zona de montaje, en la que se han incluido un nuevo banco de vaciado y otra zona de recarga e inspección para mayor producción (en el antiguo local solo se tenían 2 bancos de vaciado y una zona de recarga). Se han incluido también

pasillos en la zona de producción para el transporte de los productos a lo largo del proceso, por lo que al calcular las dimensiones de las zonas de trabajo con el método Guerchet el factor final ha sido menor, de 0.25. Se ha hecho así porque queda más clara la distribución en planta (como se ha explicado hace un momento).

Se llega a esta solución en la cual se puede ver que las entradas de vehículos se pueden realizar por una de las fachadas laterales mientras que el de personal de oficina y clientes por el de la fachada frontal, provocando que no haya ningún cruce entre estos. También, al estar alejadas las oficinas de la zona de producción, se minimizan posibles problemas provocados por ruidos y vibraciones que puedan molestar. Los vestuarios por lo general se utilizarán al principio y al final de la jornada laboral, por lo que no debería suponer muchos problemas para la zona de oficinas y recepción; y el almacén general no suele tener gran movimiento de productos. Para finalizar, la zona de producción lleva un recorrido continuo a lo largo del proceso lo que debería minimizar el transporte de productos a lo largo de la nave (incluso si un extintor no pasa la prueba hidráulica, el almacén general está muy cerca para poder ser reemplazado por uno nuevo).

## 6. Descripción de la solución adoptada

Una vez estimadas las dimensiones de la nave mediante la distribución en planta realizado en el apartado anterior, optamos por una tipología de nave con pórticos a dos aguas con una luz de 20 metros y una longitud de 35 metros, constituido por 8 pórticos con una separación entre ellos de 5 metros. Las alturas de los pilares serán de 7 metros con una altura máxima de cumbre de 7.875 metros (pendiente de 5°). Respecto al pórtico de fachada, se compone de 5 pilares con una separación de 5 metros y un arriostramiento central a una altura de 4.63 metros para mejorar la esbeltez. En cuanto al sistema contraviento se ha optado por un sistema de vigas tipo Pratt y para el arriostramiento lateral un sistema de cruces de San Andrés presente tanto en las fachadas laterales como en las frontales.

Se incorporan dos vigas transversales en la fachada lateral que da a las vías para ayudar a soportar los cerramientos de las entradas de vehículos al recinto.

### 6.1. Actuaciones previas

Aunque la parcela se encuentre edificada en la realidad, al ser un trabajo académico supondremos que no hay nada, por lo que no haría falta considerar los costes de demoliciones tanto de la estructura como del hormigón.

Al suponer que sobre la parcela no existe ningún tipo de edificación, lo primero que realizamos es un acondicionamiento del terreno mediante un desbroce de la vegetación que se encuentre en la parcela y una limpieza de los escombros que existan, los cuales se retirarán a un vertedero autorizado.

Una vez limpiado la parcela, procedemos a excavar las zanjas de las zapatas y de las vigas de atado para poder empezar con la cimentación. Cualquier resto que no se vuelva a utilizar en procesos posteriores se llevará y depositará en un vertedero autorizado.

## 6.2. Cimentación

Una vez realizado la excavación de las zanjas para las zapatas y las vigas de atado, procedemos a realizar la cimentación, que nos permitirá transmitir las cargas de la estructura hacia el terreno.

Para empezar, se coloca una capa de 10 cm de espesor del hormigón de limpieza HL-150/B/20, que nos permite crear una superficie plana y horizontal en la cual se apoyará la malla y evitar la desecación del hormigón estructural durante su vertido, así como una posible contaminación de este durante las primeras horas de su hormigonado (Anejo 18. EHE).

Respecto a las zapatas, una vez curado el hormigón de limpieza, se introduce el mallazo de acero B500 S y se vierte el hormigón HA-25/B/20/IIa para completar la cimentación de estas.

En nuestra nave hemos calculado tres tipos de zapatas diferentes según el pilar que soportan, ya que reciben distintos tipos de cargas: Encontramos unas zapatas excéntricas rectangulares para los pilares de los pórticos interiores, para compensar el vuelco lateral hacia el exterior de la nave; unas zapatas centradas rectangulares para los pilares interiores del pórtico de fachada; y unas zapatas cuadradas para los pilares que hacen esquina en la estructura (pilares exteriores de los pórticos de fachada). Para una descripción más detallada, mirar el plano nº3 del documento Planos.

Para completar la cimentación, se necesitan atar las zapatas con el fin de evitar desplazamientos horizontales. Mediante las vigas de atado se consigue absorber estas acciones horizontales que puede recibir la estructura. Una vez excavadas las zanjas para las vigas de atado, se cimentan igual que las zapatas, en este caso se coloca una viga C.3 cuadrada de lado 40 cm de acero B500 S cuya longitud va dependiendo de las distancias entre zapatas. Finalmente se cimenta con el hormigón HA-25/B/20/IIa. Para una descripción más detallada, mirar el plano nº3 del documento Planos.

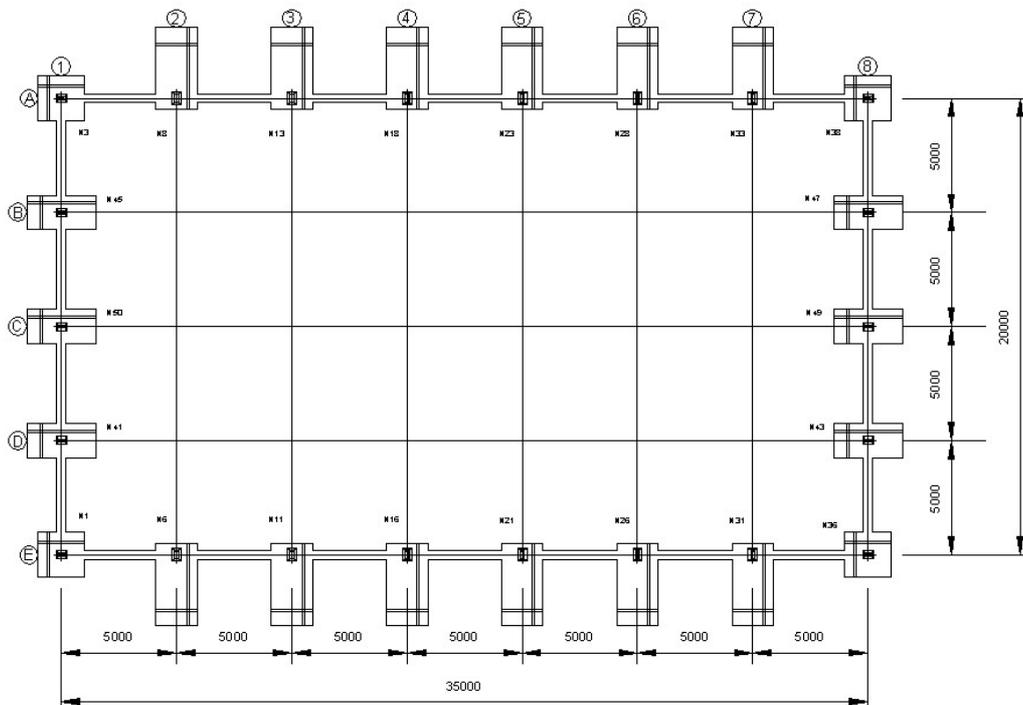


Imagen IV. Cimentación

### 6.3. Solera

La solera nos permite tener una superficie plana horizontal que protege la cimentación del pavimento. Para ello primero se compacta el terreno y se extiende una capa de zahorra natural compactada de 20 cm de espesor. Posteriormente se coloca una lámina aislante de polietileno para proteger cualquier tipo de rozamiento y finalmente se extiende la solera de hormigón HA-25/B/20/Ila de 15cm de espesor armada con una malla de 15x15cm y 5cm de diámetro de acero B 500 T.

### 6.4. Cerramientos

Para los cerramientos de las fachadas laterales y frontales se han dispuesto de paneles prefabricados de hormigón de 16 cm de espesor hasta una altura de 4.5 metros. El resto de las fachadas se completa con un cerramiento tipo sándwich formado por dos paramentos metálicos de espesores de 0.50 mm con un alma aislante de poliuretano de 35 mm y unidos mediante fijaciones ocultas.

Para la cubierta se ha optado por un entablado de cubierta formando un panel sándwich de tres capas: siendo la capa superior de aglomerado hidrófugo de 10 mm de espesor, un núcleo intermedio de aislante de poliestireno de 30 mm de espesor, y un tablero hidrófugo de 10 mm en la cara inferior; convirtiéndolo así en un aislante térmico y protegiendo de infiltraciones de agua.

### 6.5. Materiales

Para la realización de la estructura y la cimentación de la nave se requieren dos materiales: hormigón y acero.

El hormigón se utiliza para rellenar las zanjas de las zapatas y las vigas de atado y completar la cimentación de la solera. En nuestro caso hemos utilizado diferentes tipos de hormigón como: hormigón estructural HA-25/B/20/Ila para el relleno de zapatas y vigas de atado y la última capa de la solera; y hormigón de limpieza HL-150/B/20 para nivelar las bases de las zanjas.

Respecto al acero se utiliza para componer la estructura metálica de la nave y las placas de anclaje. En nuestro caso hemos utilizado distintos tipos de acero según los elementos de la nave: acero conformado S235 para las correas de cubierta y laterales; acero laminado S275 para la estructura metálica de la nave y en placas de anclaje; y acero corrugado B500S para los pernos de las placas de anclaje y las armaduras de las zapatas y las vigas de atado.

### 6.6. Estructura

La estructura metálica de la nave, como hemos descrito antes, se compone de 8 pórticos a dos aguas de luz 20 metros y separados entre sí 5 metros, consiguiendo así una longitud total de la nave de 35 metros. Los pilares tienen una altura de 7 metros con una altura máxima de cumbrera de 7.875 metros (pendiente de 5º). Los pórticos de fachada se componen de 5 pilares separados entre ellos 5 metros con un arriostramiento central formado por vigas a una altura de 4.63 metros sobre la rasante. El sistema contraviento se ha optado por vigas en configuración tipo Pratt y el arriostramiento lateral mediante cruces de San Andrés tanto en las fachadas frontales y laterales. Cabe incluir también en este



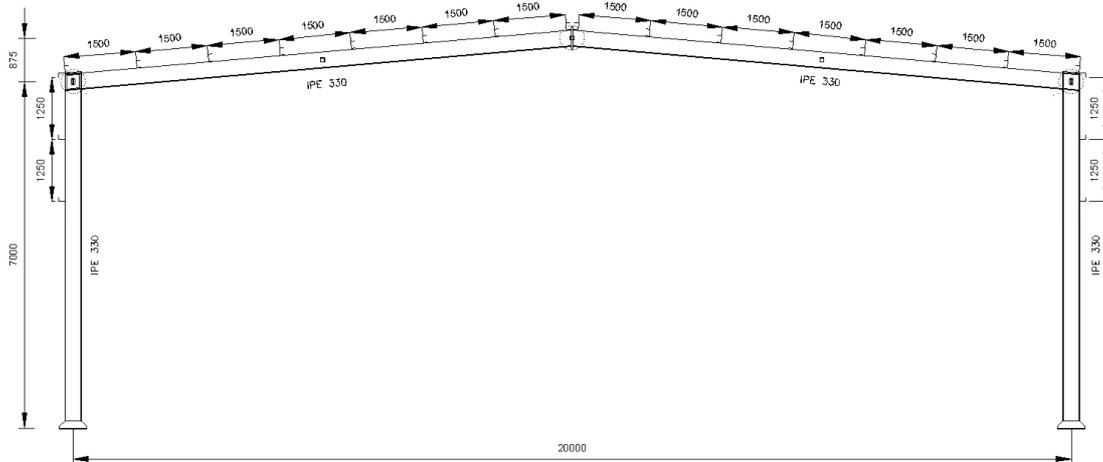


Imagen VI. Pórtico interior

Para consultar más en detalle la disposición de los elementos y los tipos de uniones del pórtico interior, consultar el plano nº5 del documento Planos.

#### 6.6.2. Pórticos de fachada

La estructura de los dos pórticos de fachada se compone de 5 pilares de distintas alturas (dos de 7 m en los extremos, dos de 7.43 m entre medias y uno central de 7.875m) conformados por perfiles de acero laminado serie IPE220 acero S275 JR en los cuales se apoyan las jácenas de 10.04 m de acero laminado serie IPE160 acero S275 JR. También se incluye un arriostramiento central a una altura de 4.63 metros que corresponde a cuatro barras de 5 metros de longitud formado por chapas de acero laminado serie huecos cuadrados con un perfil #80x3 acero S275 JR. Por último, el sistema de arriostramiento lateral mediante las cruces de San Andrés son 8 tirantes en forma de L perfil L 75x75x4, siendo 4 de ellas de 6.815 m de longitud, dos de 5.74 m y las otras dos de 5.54 m.

La unión entre pilar y jácena en los extremos cambia respecto a los pórticos interiores, en este caso la unión se realiza mediante atornillado con pernos de M12, coincidiendo así con la unión entre las dos jácenas y el pilar central. Para los pilares intermedios de 7.43 m. la unión se realiza mediante soldado de la cabeza del pilar con la base de la jácena (con ayuda de chapas).

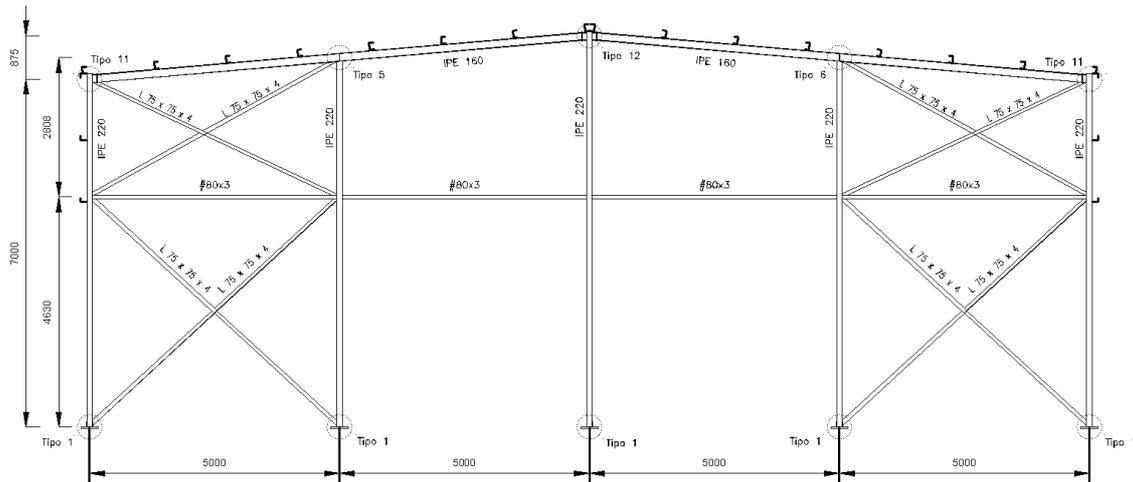


Imagen VII. Pórtico de fachada

Para consultar más en detalle la disposición de los elementos y los tipos de uniones del pórtico de fachada, consultar el plano nº6 del documento Planos.

### 6.6.3. Fachadas laterales

La estructura de las dos fachadas se compone cada una de una viga perimetral que une los pórticos interiores entre si con barras de longitud de 5 metros se la serie IPE 140 acero S275 JR. Esta barra no llega a los pórticos de fachada ya que esa unión es parte del sistema contraviento. Además de la viga perimetral, se incluyen las cruces de San Andrés para el desplazamiento lateral que arriostran los pilares del pórtico de fachada con sus contiguos. Las dimensiones de los tirantes son de 8.60 m de longitud siendo estos de perfil en L 90x90x6 para cumplir pandeo.

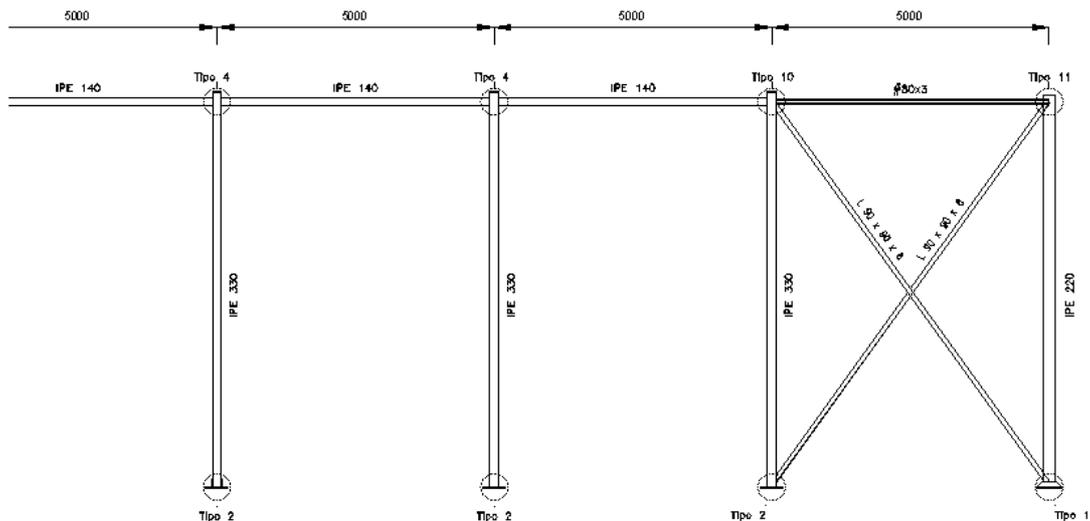


Imagen VIII. Fachada lateral

En la fachada lateral que da a la vía se han incorporado dos vigas de 5 metros de longitud para soportar las cargas de los cerramientos para las entradas de vehículos, siendo estos de un perfil IPE 270. Se unen a los pilares mediante tornillos de M16.

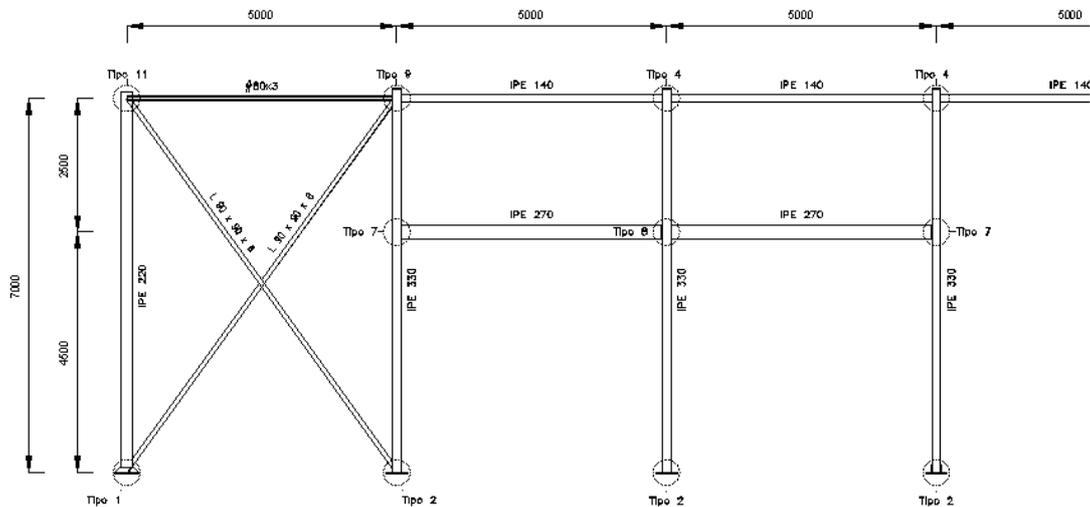


Imagen IX. Soporte para cerramientos en fachada lateral

Para consultar más en detalle la disposición de los elementos y los tipos de uniones de las fachadas laterales, consultar los planos nº7.1 y 7.2 del documento Planos.

#### 6.6.4. Sistema contraviento

Para la estructura del sistema contraviento se ha elegido una configuración tipo Pratt con barras suplementarias que reduce la longitud efectiva de pandeo y corrigen el efecto debido a la doble dirección del viento. Para ello se han elegido para los montantes barras de perfil hueco cuadrado de chapas de acero laminado de #80x3 de 5 metros de longitud y tirantes de perfil en L 75x75x4 de 7.01 metros para las diagonales.

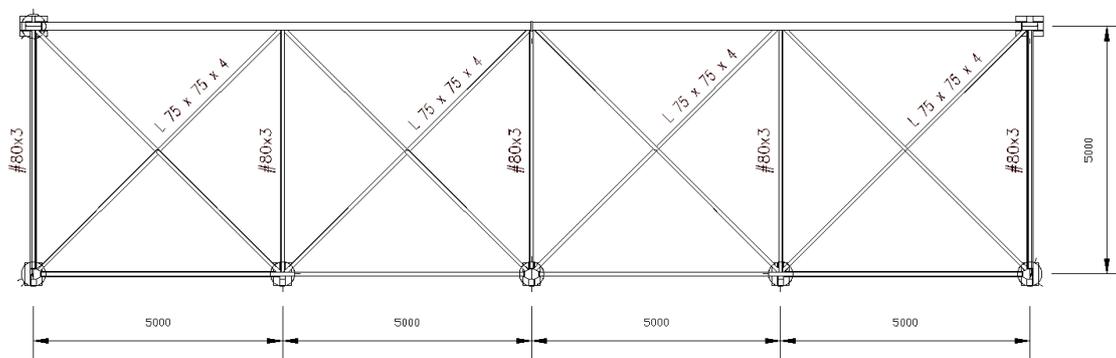


Imagen X. Sistema contraviento de cubierta

Para consultar más en detalle la disposición de los elementos del sistema contraviento de fachada, consultar el plano nº9 del documento Planos.

#### 6.6.5. Placas de anclaje

En la estructura se utilizan dos tipos de placas de anclaje: unas para los pilares de los pórticos de fachada y otras para los pilares de los pórticos interiores. Para los pilares de los pórticos de fachada se emplean una placa base de 350x450x20 fijada en la cimentación por 6 pernos de 20mm de diámetro y una longitud de 35 cm; mientras que para los pilares de los pórticos interiores se emplea una placa base de 400x550x20 mm con fijación a la cimentación por 6 pernos de 20 mm de diámetro y una longitud de 50 cm.

#### 6.6.6. Correas

Correas: Las correas se emplean para recibir los esfuerzos de los cerramientos y transmitirlos al pórtico. En la estructura se han elegido correas de perfil conformado en C ya que evita problemas de alabeo en el ala comprimida, lo que permite un mayor rendimiento a flexión. Después de realizar los cálculos, el tipo de perfil escogido para las correas de cubierta es CF-180x2.5 con una separación de 1.5 metros entre ellas, siendo de acero 235 JR; mientras que para las correas laterales se han escogido un perfil CF-120x2.5 con una separación de 1.25 m, siendo también de acero 235 JR.

### 6.7. Instalaciones. Ventilación y pluviales

Respecto a los elementos que no conforman la estructura metálica, si no que realizan funciones de recogida de agua, iluminación natural y ventilación podemos encontrar:

- Lucernarios: Se ha propuesto la colocación de 8 lucernarios a una sola agua con dimensiones de 7x2 metros revestidos con placas de polimetacrilato de metilo de 6mm de espesor para dar luz a todas las zonas de la nave. Se ha elegido colocarlas entre los pórticos 1-2, 3-4, 5-6 y 7-8 ya que permite dar luz a todas las áreas en las que se ha dividido la nave. Su disposición se puede ver con más detalle en el plano nº11 del documento Planos.
- Acristalamiento: Respecto a las ventanas laterales se han escogido un doble acristalamiento térmica y acústicamente reforzado. Sus dimensiones son de 3x1 metro y se han colocado uno en cada separación entre pilares de la fachada lateral que incluye las entradas para furgonetas (en estas puertas no se incluyen los acristalamientos) y en la fachada que da a las oficinas, ya que no delimitan con otros edificios. Su distribución se puede encontrar con más detalle en el plano nº10 del documento Planos.
- Puertas: Respecto a las puertas debemos diferenciar entre puertas para tráfico de vehículos y para tráfico del personal y clientes.  
Para las entradas de vehículos se ha dispuesto de dos cierres articulados arrollables mediante lamas de aluminio anodizado de 1.6 mm de espesor. Se encuentran en la fachada lateral que da

a la vía y sus dimensiones son de 5x4.5 metros, permitiendo la entrada de furgonetas e incluso camiones. Se encuentran entre los pórticos 2-3 y 3-4.

Para el personal y clientes se han escogido dos puertas de paso de una hoja abatible de acero galvanizado con dimensiones cada una de 90x205 cm, estando una en el pórtico de fachada de oficinas para la entrada del personal de oficinas y recepción de los clientes; y la otra en la fachada lateral, cerca de los vestuarios, para el personal de la zona de producción.

Para más detalles consultar el plano nº10 del documento planos

Ventilación: Respecto a la ventilación se ha dejado un hueco en la cubierta para todo su sistema. Las dimensiones del hueco son 17 metros de largo por 1.2 metros de ancho. Para más detalles consultar el plano nº11 del documento planos

- Pluviales: Para la correcta evacuación de aguas pluviales se ha escogido un sistema de canalones y bajantes. Para ello se ha seleccionado dos canalones de 35 metros, que recorren a lo largo toda la nave, de chapa plegada de acero galvanizado de espesor 1.2 mm y desarrollo de 90 cm; mientras que las bajantes se han escogido 8 bajantes que se distribuyen por los pilares de los pórticos 2,4,5 y 7 de PVC de diámetro 160mm.

## 7. Presupuesto

Capítulo	Importe
<b>1. Movimiento de tierras en edificación</b>	
1.1 Desbroce y limpiezas .....	6.615,00
1.2 Excavaciones .....	573,66
1.3 Rellenos .....	12.656,00
<b>Total 1 Movimiento de tierras en edificación .....</b>	<b>19.844,66</b>
<b>2. Cimentaciones</b>	
2.1 Regularización .....	1.454,77
2.2 Superficiales	
2.2.1 Zapata de cimentación .....	10.397,62
Total 2.2 Superficiales .....	10.397,62
2.3 Arriostramientos	
2.3.1 Viga de atado .....	1.631,24
Total 2.3 Arriostramientos .....	1.631,24
2.4 Pavimento .....	17.465,00
<b>Total 2 Cimentaciones .....</b>	<b>30.948,63</b>
<b>3. Estructuras</b>	
3.1 Acero	
3.1.1 Montajes industrializados .....	41.382,15
3.1.2 Pilares .....	2.504,46
Total 3.1 Acero .....	43.886,61
<b>Total 3 Estructuras .....</b>	<b>43.886,61</b>
<b>4. Fachadas</b>	
4.1 Pesadas .....	60.469,20
4.2 Ligera .....	15.970,11
4.3 Vidrios .....	4.523,85
<b>Total 4 Fachadas .....</b>	<b>80.963,16</b>
<b>5. Cubiertas</b>	
5.1 Inclinas	
5.1.1 Chapas de acero .....	28.048,55

5.1.2 Lucernarios .....	10.734,48
Total 5.1 Inclinas .....	38.783,03
<b>Total 5 Cubiertas .....</b>	<b>38.783,03</b>
<b>6. Particiones</b>	
6.1 Puertas de paso interior .....	15.184,38
<b>Total 6 Particiones .....</b>	<b>15.184,38</b>
<b>7. Instalaciones</b>	
7.1 Evacuación de aguas .....	3.072,86
<b>Total 7 Instalaciones .....</b>	<b>3.072,86</b>
<b>8. Jardinería</b>	
8.1 Acondicionamiento del terreno .....	12,53
8.2 Suministro y plantación de especies .....	664,62
8.3 Cerramientos exteriores .....	15.045,26
8.4 Pavimento exterior .....	15.340,50
<b>Total 8 Jardinería .....</b>	<b>31.062,91</b>
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>263.746,24</b>
13% de gastos generales	34.287,01
6% de beneficio industrial	15.824,77
<b>Suma</b>	<b>313.858,02</b>
21% IVA	65.910,18
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>379.768,20</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.



## 8. Bibliografía

- Apuntes de “Tecnología de la construcción”, “Proyectos” y “Expresión gráfica” de 4º Curso del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.
- Normativa Urbanística del Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza. Recuperado de: <https://www.zaragoza.es/contenidos/urbanismo/pgouz/NormasActualizadoNov18.pdf>
- Código Técnico de la Edificación. Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/DocumentosCTE.html>
- Información sobre Polígono Industrial Cogullada. Recuperado de: <https://www.lokinn.com/industria/cogullada>
- Información sobre la parcela escogida. Recuperado de: <https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?del=50&mun=900&refcat=8251708XM7185A0001QM&final=&ZV=NO&anyoZV=>
- Banco de precios IVE 2020 Aragón. Recuperado de: <https://www.five.es/productos/herramientas-on-line/visualizador-2020/>

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL  
DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE 700  
M<sup>2</sup>, DEDICADA A LA RECARGA Y  
DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES Y  
ELEMENTOS CONTRA INCENDIOS, SITA  
EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL  
“COGULLADA” DEL MUNICIPIO DE  
ZARAGOZA**

**ANEXO I. NORMATIVA  
URBANÍSTICA**

AUTOR: JAVIER IBÁÑEZ FERRER

TUTOR: PEDRO ILDEFONSO JAÉN GÓMEZ



**ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA**

## Normativa Urbanística

La normativa urbanística que se ha seguido para la realización del diseño y cálculo de la nave industrial está recogida en el documento *Plan general de ordenación urbana de Zaragoza 2001 (texto refundido 2007)*, concretamente en el título cuarto, que corresponde a las zonas del suelo urbano consolidado. Dentro de este título encontramos el capítulo 4.2 donde se recogen las ordenanzas de zonas de edificación en ordenanzas abiertas, siendo nuestro edificio contenido en este grupo (Edificios aislados o agrupados, con uso dominante productivo).

Dentro de este capítulo se encuentra una sección propia para el tipo de edificio que hemos diseñado, correspondiéndose a la sección quinta. Por último, dentro de esta sección existe un artículo que recoge la normativa propia para los polígonos de Malpica y Cogullada, siendo este último el nuestro.

Respecto al reglamento de plazas para estacionamiento y zonas de carga y descarga, la norma que rige estos aspectos se encuentra en la sección segunda de este mismo documento (*Plan general de ordenación urbana de Zaragoza 2001*); concretamente en el artículo 2.4.6 "Dotaciones exigibles según el uso".

## SECCIÓN SEGUNDA: DOTACIÓN DE ESTACIONAMIENTO DE LOS EDIFICIOS

[...]

### Artículo 2.4.6. Dotaciones exigibles según el uso

[...]

4. Con carácter general, los usos distintos de vivienda requerirán un mínimo de 1 plaza cada 100 metros cuadrados construidos. Se aplicarán condiciones particulares en los usos siguientes:

[...]

g) Usos de industria, talleres y almacenes: 1 plaza de estacionamiento por cada 100 metros cuadrados construidos.

1 plaza exclusiva de carga y descarga por cada 1.000 metros cuadrados o fracción, si la superficie es superior a 500 metros cuadrados; se requerirá un estudio especial de carga y descarga y estacionamiento cuando la superficie construida supere 2.500 metros cuadrados y la industria se encuentre emplazada fuera de un polígono industrial, así como cuando se tramiten figuras de planeamiento que ordenen los polígonos industriales. Los espacios de carga y descarga deberán mantenerse permanentemente destinados a este fin, no pudiendo destinarse a estacionamientos, almacenamientos o depósitos, y otros análogos.

## SECCIÓN QUINTA. ZONA A-6. EDIFICACIÓN DESTINADA A USOS PRODUCTIVOS

### Artículo 4.2.14. Tipo de ordenación

Ordenación en suelo urbano consolidado mediante edificios aislados o agrupados, de uso dominante productivo.

Se distinguen los siguientes grados dentro de esta zona:

- a) A-6, grado 1º: Corresponde a manzanas industriales integradas por edificios aislados o agrupados, de uso dominante industrial, ordenadas mediante planificación previa de modo que existe una cierta calidad visual en el tratamiento de los frentes de fachada y en los espacios abiertos recayentes al viario, según el modelo corriente en los polígonos industriales de promoción oficial (Gerencia de Urbanización del Ministerio de la Vivienda, INUR). Este tipo de ordenación se restringe a los polígonos industriales de Malpica y Cogullada.
- b) A-6, grado 2º: Corresponde a manzanas industriales formadas mediante actuaciones independientes que han dado lugar a conjuntos de edificios aislados, agrupados o entre medianeras, de uso dominante industrial, que no siguen un patrón fijo ni implican un tratamiento visual de los edificios o espacios libres situados ante la fachada. Este tipo de ordenación se restringe a los tejidos urbanos industriales cuya edificación presenta estas características, por la antigüedad de su origen o por la falta de una planificación global previa.

#### **Artículo 4.2.15. Condiciones de aprovechamiento**

##### **1. Condiciones de las parcelas:**

En las segregaciones y parcelaciones, las parcelas resultantes se atenderán a las superficies mínimas que establecen las normas específicas para cada grado en que se divide la zona. En todo caso, las dimensiones de la parcela permitirán que la edificación cumpla las condiciones de separación a linderos y a otros edificios.

Con las condiciones indicadas en las normas específicas de cada grado, podrán edificarse parcelas de dimensiones inferiores que constituyan fincas independientes en el Registro de la Propiedad antes de la entrada en vigor del plan. En todo caso, el Ayuntamiento podrá exigir motivadamente la normalización y agrupación de fincas.

La construcción de edificios industriales agrupados entre medianeras no podrá hacerse con fraccionamiento de suelo por debajo de la parcela mínima, debiendo establecerse al efecto la mancomunidad del suelo necesario entre los propietarios de los edificios.

##### **2. Condiciones de posición comunes a los distintos grados:**

A) Los retranqueos con respecto a los viales y los linderos se atenderán a las dimensiones mínimas que establecen las normas específicas para cada grado en que se divide la zona.

Se admitirá su reducción o supresión parcial, mediante estudio de detalle, en los siguientes supuestos:

- Cuando se trate de parcelas de superficie inferior a la mínima, cuya edificación esté permitida por estas normas, en las que la aplicación de los retranqueos mínimos produzca edificios de configuración inadecuada para su uso.
- Cuando se trate de la sustitución de edificios o de la edificación de parcelas situadas entre otros edificios cuya permanencia sea previsible, en los que los retranqueos frontales sean inferiores a los regulados, o presenten muros laterales alineados con el lindero mutuo con la parcela de que se trate. En tales casos, se podrán establecer los retranqueos en concordancia

con la disposición consolidada, bien reduciendo el retranqueo al vial, bien adosando el edificio al medianero colindante.

- Cuando se trate de parcelas que, aun superando la superficie mínima, tengan una configuración geométrica que impida la construcción de edificios adecuados a su uso si se aplican los retranqueos mínimos, y siempre que el Ayuntamiento no considere viable a plazo próximo la agrupación con otras parcelas colindantes donde tampoco sea posible la edificación de acuerdo con la norma general.

B) En todo caso, la disposición de los edificios y de los espacios libres permitirá que la dotación de plazas de estacionamiento y las operaciones de carga, descarga y maniobra de vehículos tengan lugar en el interior de la parcela, de acuerdo con las condiciones específicas establecidas en estas normas.

[...]

#### **Artículo 4.2.16. Condiciones de uso**

1. Uso dominante: Industria tradicional en medio urbano de fabricación o de servicios, talleres, almacenamiento y distribución, incluyendo oficinas y exposiciones comerciales sin venta minorista complementarias del uso principal.
2. Usos compatibles: Se admiten los siguientes usos compatibles con el dominante:

A) Comercial: Edificios destinados al uso admisible de venta mayorista o a exposiciones con venta minorista en establecimientos especializados de más de 2.000 metros cuadrados, siempre que se dediquen a las siguientes actividades:

- materiales de construcción y maquinaria;
- vehículos;
- accesorios y piezas de recambio, y
- combustibles, carburantes y lubricantes.

B) Oficinas, equipamientos y servicios: solamente los que guarden una relación justificada con el uso dominante.

C) Vivienda unifamiliar: Solamente se permite con destino a guardas, vigilantes y empleados cuya presencia permanente se requiera en las fábricas o parques de actividades. Se admite una vivienda por cada parcela igual o inferior a 10.000 m<sup>2</sup> de superficie, y dos por cada parcela de mayor superficie, siempre que su necesidad esté debidamente justificada.

#### **Artículo 4.2.17. Zona A-6, grado 1: polígonos de Malpica y Cogullada**

##### **1. Tipo de edificación.**

El tipo de edificación dominante dispone los bloques o pabellones destinados a usos no fabriles (recepción, despachos, oficinas, salas de reunión, exposición, laboratorios, servicios, ...) como cuerpos representativos que dan fachada a la vía principal con la que linda la parcela, con un adecuado tratamiento arquitectónico, y urbanización y ajardinamiento de los retranqueos, separados del viario

mediante cerramientos transparentes; tras los cuerpos representativos, se sitúan las naves y los elementos funcionales del proceso industrial.

El tipo incluye tanto edificios aislados como agrupaciones de naves entre medianeras formando hileras o manzanas (naves nido) que cumplan las condiciones indicadas en estas normas.

## **2. Parcela mínima:**

Manzanas de tipo A: 500 m<sup>2</sup>.

Manzanas de tipo B: 3.000 m<sup>2</sup>.

## **3. Condiciones dimensionales y aprovechamiento:**

### **3.1 Retranqueos:**

- Retranqueos frontales: los indicados en los planos de calificación y regulación del suelo
- Retranqueos posteriores: 5 metros.
- Retranqueos laterales: 3 metros.

Los retranqueos así obtenidos no podrán destinarse a depósitos o almacenes de materiales, vertidos de residuos, etc.

### **3.2. Ocupación sobre parcela neta:**

- La que resulte de los retranqueos mínimos.
- Los sótanos y los semisótanos no invadirán las bandas de retranqueo mínimo exigidas por estas normas.

### **3.3. Altura máxima:**

- 10'50 metros en naves.
- 3 plantas en edificios representativos.

La altura de la nave o la de determinados elementos funcionales de la instalación podrá excederse cuando quede justificada su necesidad.

### **3.4. Edificabilidad sobre parcela neta: 1'50 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>**

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL  
DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE 700  
M<sup>2</sup>, DEDICADA A LA RECARGA Y  
DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES Y  
ELEMENTOS CONTRA INCENDIOS, SITA  
EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL  
“COGULLADA” DEL MUNICIPIO DE  
ZARAGOZA

**ANEXO II. CÁLCULOS**

AUTOR: JAVIER IBÁÑEZ FERRER

TUTOR: PEDRO ILDEFONSO JAÉN GÓMEZ



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

## Índice

1.	Modelo estructural .....	3
2.	Materiales.....	3
3.	Acciones sobre el edificio .....	4
3.1	Acciones permanentes .....	4
3.2	Acciones variables.....	4
3.3	Acciones accidentales.....	8
3.4	Combinaciones de cálculo .....	8
4.	Estructura metálica.....	13
4.1	Pórtico interior.....	13
4.2	Pórtico de fachada .....	15
4.3	Sistema de arriostramiento .....	18
4.4	Correas.....	23
4.5	Placas de anclaje .....	36
5.	Cimentación.....	47
5.1	Zapatas.....	47
5.2	Vigas.....	51

## Índice de Imágenes

I.	Valores sobrecarga de uso (CTE DB-SE-AE) .....	5
II.	Valores sobrecarga nieve según capitales de provincias .....	6
III.	Mapa territorial dividido según la velocidad básica del viento .....	7
IV.	Detalles de nudos y barras del pórtico interior .....	13
V.	Detalles de nudos y barras del pórtico de fachada .....	16
VI.	Detalles de nudos y barras del sistema contraviento de cubierta .....	19
VII.	Detalles de nudos y barras de la fachada lateral .....	21
VIII.	Detalles de nudos, zapatas y vigas de atado de la cimentación .....	47

En este apartado se explicará todos los cálculos realizados para diseñar y comprobar la estructura metálica de la nave y su cimentación. La mayoría de las comprobaciones han sido realizados mediante el programa CYPE, del cual se ha utilizado el generador de pórticos para el cálculo de las acciones y las correas, y CYPE 3D para el resto de los elementos.

## 1. Modelo estructural

La estructura metálica de la nave calculada se compone de 8 pórticos a dos aguas con una luz 20 metros y una separación entre pórticos de 5 metros, consiguiendo una longitud total de la nave de 35 metros.

Los pilares que conforman los pórticos interiores tienen una altura de cabeza de pilar de 7 metros, con una altura máxima de cumbrera de 7.875 metros (pendiente de 5°) siendo estos de acero laminado S275 de perfil IPE 330, igual que las jácenas de estos mismos.

Los pórticos de fachada se componen de 5 pilares con una separación entre ellos de 5 metros con un arriostramiento central formado por vigas de perfil hueco cuadrado #80x3 a una altura de 4.63 metros sobre la rasante. Los perfiles de los pilares corresponden a perfiles IPE 220 mientras las jácenas corresponden a perfiles IPE 160.

Debido a que disponemos de cerramientos tipo panel sándwich tanto en fachada como en cubierta se han dispuesto correas laterales y de cubierta. Las correas de cubierta corresponden a 16 correas, 8 por cada jácena, de perfil CF-180x2.5 mm con una separación de 1.5 metros entre ellas, siendo de acero 235 JR; mientras que las correas laterales corresponden a 6 correas, 3 en cada fachada lateral, de perfil CF-120x2.5 con una separación de 1.25 m (desde la cabeza del pilar, que se encuentra a 7 metros, hasta 4.5 metros), siendo también de acero 235 JR.

Respecto a los sistemas de arriostramiento se ha dispuesto elementos tanto en las fachadas, laterales y cubierta. El sistema contraviento se ha optado por vigas en la configuración tipo Pratt mediante montantes de perfil hueco cuadrado #80x3 y tirantes de perfil L 75x75x4. El arriostramiento lateral se ha resuelto mediante cruces de San Andrés tanto en las fachadas frontales y laterales, de perfil L 75x75x4 y L 90x90x6 respectivamente.

La estructura proyectada se puede consultar en el plano nº4 del documento Planos.

## 2. Materiales

Para la realización de la estructura y la cimentación de la nave se requieren dos materiales: hormigón y acero.

El hormigón se utiliza para rellenar las zanjas de las zapatas y las vigas de atado y completar la cimentación de la solera. En nuestro caso hemos utilizado diferentes tipos de hormigón como: hormigón estructural HA-25/B/20/IIa para el relleno de zapatas y vigas de atado y la última capa de la solera; y hormigón de limpieza HL-150/B/20 para nivelar las bases de las zanjas.

Respecto al acero se utiliza para componer la estructura metálica de la nave y las placas de anclaje. En nuestro caso hemos utilizado distintos tipos de acero según los elementos de la nave: acero conformado S235 para las correas de cubierta y laterales; acero laminado S275 para la estructura

metálica de la nave y en placas de anclaje; y acero corrugado B500S para los pernos de las placas de anclaje y las armaduras de las zapatas y las vigas de atado. En la siguiente tabla se adjuntan las principales propiedades de los aceros utilizados.

### 3. Acciones sobre el edificio

Siguiendo las indicaciones indicadas en el Código Técnico de la Edificación según el DB-SE-AE se calcularán las acciones que actúan sobre la edificación. Para el cálculo de acciones se pueden dividir en tres grupos diferentes: permanentes, variables y accidentales.

#### 3.1 Acciones permanentes

Corresponden a las acciones que se caracterizan por estar actuando en todo instante sobre la estructura en una posición constante. Algunos ejemplos de acciones permanentes son el peso propio de los elementos, el pretensado, las acciones del terreno, ...

En las estructuras industriales solo son relevantes las acciones permanentes debidas al peso propio y algunas acciones reológicas al dimensionar la cimentación

- **Peso propio:** Se considera peso propio todas las acciones provocadas por los elementos que constituyen el edificio (tanto estructurales como constructivos). Para determinar su valor característico se utiliza el Anejo C del DB SE-AE donde se incluyen los pesos de diferentes elementos típicos de este tipo de construcciones.

En nuestro caso, como el edificio es una estructura metálica con un sistema estructural de pórticos a dos aguas con una luz de 20 metros y una altura de pilar de 7 metros, podemos considerar un valor de predimensionado de  $G = \text{Luz Pórtico (m)}/100 \text{ kN/m}^2$ . En nuestra estructura sería de  $G_e = \frac{20 \text{ metros}}{100 \text{ kN/m}^2} = 0.2 \text{ kN/m}^2$ .

El peso propio de la cubierta, al ser un panel tipo sándwich, se estima en unos  $G_c = 0.15 \text{ kN/m}^2$ .

Debido a que el peso propio de los cerramientos laterales de paneles prefabricados de hormigón y la tabiquería cargan directamente sobre el terreno, no generan ninguna acción sobre la estructura metálica; en cambio, en las fachadas laterales y frontales, la parte superior está compuesta por paneles tipo sándwich, que se colocan sobre correas laterales, los cuales transmiten sus esfuerzos sobre los pilares de los pórticos. Para ello se ha estimado un peso de  $G_l = 0.15 \text{ kN/m}^2$ .

#### 3.2 Acciones variables

Corresponden a las acciones que pueden actuar o no sobre el edificio. Actúan durante un tiempo determinado y su valor puede variar en función del momento. Las acciones de este tipo que calcularemos serán la sobrecarga de uso, el viento y la nieve.

- **Sobrecarga de uso:** Son las acciones debidas al peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de uso (mobiliario, mercancías, maquinaria, ...). Estos efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente ( $q_k$ ) en la planta del edificio. Los valores característicos de estas acciones se adoptarán según el uso que reciba la nave y comparándolos con los recogidos en la Tabla 3.1 del DB SE-AE.

**Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso**

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(10)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Imagen I. Valores sobrecarga de uso (CTE DB-SE-AE)

En nuestro caso, la cubierta solo será accesible para comprobaciones de mantenimiento y conservación, por lo que nos encontramos en la categoría de uso G. Al tener una carga permanente menor de 1kN/m<sup>2</sup>, nuestra cubierta es considerada cubierta ligera, por lo que, respecto a subcategoría de uso, no encontramos en la G1. Por lo tanto, el valor característico de la sobrecarga de uso es  $Q_k = 0.40 \text{ kN/m}^2$  debido a que el cerramiento se apoya sobre correas.

Esta acción no puede actuar simultáneamente con otras acciones variables (no concomitante).

- **Nieve:** Son las acciones debidas a la distribución e intensidad de la carga de nieve sobre el edificio. Para su cálculo seguiremos las indicaciones que se especifican en el DB SE-AE. En este documento, se nos especifica que el valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal puede tomarse como:

$$Q_n = \mu(\alpha) \cdot S_k(H, ZC)$$

Siendo:

- $\mu$  el coeficiente de forma de la cubierta. Depende de la inclinación de la cubierta ( $\alpha$ ). En nuestro caso, al ser menor a 30°, el valor de  $\mu$  será igual a **1** (Como indica el apartado 3.5.3.2 del DB SE-AE).
- $S_k$  el valor característico de la carga de nieve. Depende tanto de la altitud topográfica a la que se encuentra (H) como la zona climática (ZC). En nuestro caso, al encontrarnos en el

polígono industrial “Cogullada” del municipio de Zaragoza, el DB SE-AE nos proporciona una tabla con los diferentes valores de  $S_k$  para las distintas capitales de provincias [Tabla 3.8]. Buscamos en la tabla Zaragoza y obtenemos el valor correspondiente, el cual será de  $S_k = 0.5 \text{ kN/m}^2$

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

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

Imagen II. Valores sobrecarga nieve según capitales de provincias

Obtenidos los valores de los diferentes componentes de la ecuación obtenemos que el valor característico de la carga de nieve por unidad de superficie es:  $Q_n = 1 * 0.5 = 0.5 \text{ kN/m}^2$ .

En este caso, al poder la nieve ser acompañada por el viento, se puede originar un depósito irregular sobre la cubierta. Por eso, el DB SE-AE nos indica que debemos considerar tres casos diferentes:

- N1: Coeficiente de forma de la derecha y de la izquierda igual al original.  $\mu_1$  y  $\mu_2$ .
- N2: Coeficiente de forma de la izquierda se reduce a la mitad mientras que el de la derecha se mantiene igual al original.  $0.5 \mu_1$  y  $\mu_2$ .
- N3: Coeficiente de forma de la izquierda se mantiene igual al original mientras que el de la derecha se reduce a la mitad.  $\mu_1$  y  $0.5 \mu_2$ .

- **Viento:** Son las acciones debidas al efecto del viento sobre la estructura. Estás, a diferencia de las calculadas anteriormente, actúan en todas las direcciones y se deberán comprobar en cada dirección. Para cada dirección también consideraremos las acciones en los dos sentidos, tanto si es de presión como de succión.

La acción del viento la calcularemos según lo que nos indica el CTE DB SE-AE 3.3. Según este apartado, la acción del viento es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o una presión estática ( $Q_e$ ) que puede expresarse como:

$$Q_e(z) = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p$$

Siendo:

- $q_b$  la presión dinámica del viento. Depende del emplazamiento geográfico (ZE) donde se ejecuta la obra.

- $c_e(z)$  el coeficiente de exposición. Varía según la altura máxima de la estructura ( $z$ ) y del grado de aspereza del entorno ( $g$ ).
- $c_p$  el coeficiente eólico o de presión. Dependiendo de la forma y orientación de la superficie con el viento y de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie obtendremos los valores de cada situación posible.

A continuación, explicaremos como obtener los valores de cada uno de los parámetros:

- Coeficiente de presión dinámica del viento ( $q_b$ ):

Aunque se puede obtener mediante la expresión  $q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$ , donde la  $\delta$  la densidad del aire y  $v_b$  el valor básico de la velocidad del viento, el DB SE-AE nos proporciona, en el Anejo D apartado D.1 punto 4, un mapa del territorio nacional con las distintas zonas diferenciadas según la velocidad básica del viento. En este punto, también se nos indica el valor del coeficiente de presión dinámica según la zona en la cual nos encontremos. En nuestro caso, al realizar la obra en Zaragoza, nos encontramos en la zona B, siendo nuestro coeficiente  $q_b = 0.45 \text{ kN/m}^2$ .

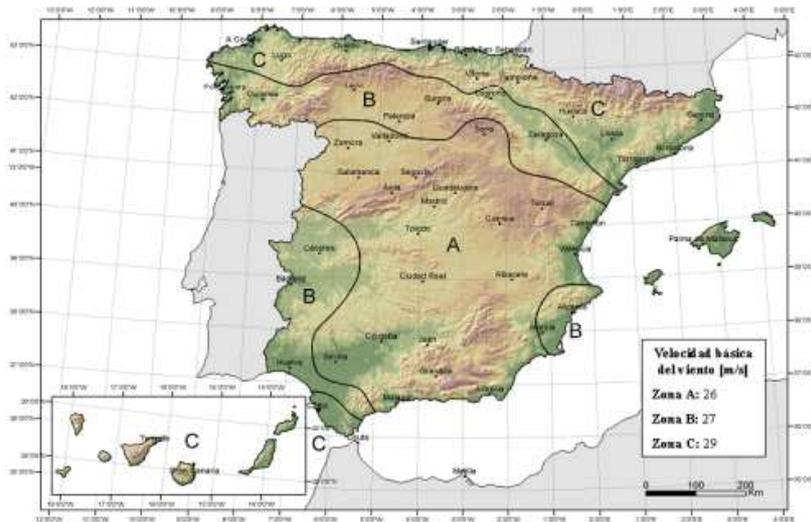


Imagen III. Mapa territorial dividido según la velocidad básica del viento

- Coeficiente de exposición  $c_e(g, z)$ :

Este coeficiente tiene en cuenta los efectos de las turbulencias producidos por el entorno dependiendo del grado de aspereza del entorno ( $g$ ) y de la altura del punto considerado ( $z$ ).

Este coeficiente lo obtendremos según lo que indica el DB SE-AE, en el Anejo D apartado D.2, que nos indica que: en una nave industrial, si la altura sobre el terreno es menor a 200 metros (nuestro caso es de 7.875 metros el punto más alto) podemos determinar el coeficiente mediante las siguientes expresiones:  $c_e = F \cdot (F + 7k)$ ; donde  $F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z,Z)}{L}\right)$ .

Siendo  $k$ ,  $L$  y  $Z$  parámetros característicos del tipo de entorno (que determinaremos con el grado de aspereza "g" y la tabla D.2 del DB SE-AE; y  $z$  es la altura de cumbrera, que la hemos determinado por trigonometría:  $z = altura\ pilar + \frac{crujia}{2} \cdot \tan(pendiente) = 7 + \frac{20}{2} \cdot \tan(5^\circ) = 7.875 \text{ m}$ .

Para obtener los parámetros del entorno, nos fijamos en la tabla D.2 y escogemos el grado de aspereza que más se ajuste a nuestra situación. Al estar en un polígono industrial, el grado que hemos escogido es el **IV**, siendo nuestros valores de los parámetros los siguientes:  $k = 0.22$ ;  $L(m) = 0.3$ ;  $Z(m) = 5$ .

Ya conocidos todos los parámetros, podemos calcular el coeficiente de exposición, siendo

$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z)}{L}\right) = 0.22 \cdot \ln\left(\frac{\max(7.875, 5)}{0.3}\right) = 0.7189$$

$$c_e = F \cdot (F + 7k) = 0.7189 \cdot (0.7189 + 7 \cdot 0.22) = 1.6239$$

- Coeficiente eólico o de presión  $c_p$ :

Este coeficiente tiene en cuenta la interacción entre la dirección del viento y las distintas superficies de la nave. Según indica el CTE DB SE-AE en el apartado 3.3.5 punto 1: "En naves y construcciones diáfanos, sin forjados que conecten las fachadas, la acción de viento debe individualizarse en cada elemento de superficie exterior". En nuestro caso, CYPE calculará los dos casos de direcciones de viento distinto ortogonales (viento lateral y viento de fachada), con sus dos direcciones posibles (presión o succión), que actuarán tanto sobre la cubierta como sobre los parámetros laterales (tanto la fachada como los laterales).

Las comprobaciones que realiza CYPE son las siguientes:

1.  $V(0^\circ)$  H1: Viento a  $0^\circ$ , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
2.  $V(0^\circ)$  H2: Viento a  $0^\circ$ , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
3.  $V(90^\circ)$  H1: Viento a  $90^\circ$ , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
4.  $V(180^\circ)$  H1: Viento a  $180^\circ$ , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
5.  $V(180^\circ)$  H2: Viento a  $180^\circ$ , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
6.  $V(270^\circ)$  H1: Viento a  $270^\circ$ , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

### 3.3 Acciones accidentales

Corresponden a las acciones cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña, pero de gran importancia cuando se producen, como sismo, incendio, impacto o explosión.

Debido a que no nos encontramos en una zona de riesgo (riesgo sísmico muy bajo), no consideraremos necesario el cálculo de este tipo de acciones.

### 3.4 Combinaciones de cálculo

Las comprobaciones que se realizarán se establecen en el CTE en el documento DB-SE, donde se indican los principios y requisitos relativos a la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio, así como la aptitud al servicio. Estas comprobaciones se determinarán según si se superan los denominados Estado Límites, los cuales de ser superados puede considerarse que el edificio no cumple algún de los requisitos estructurales para los que se ha concebido. Existen dos Estados Límites a comprobar:

- Estados Límites Últimos (E.L.U.): son aquellos que, de ser superados, constituyen un riesgo importante para las personas, ya sea porque se producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial de la estructura. Está relacionado con la comprobación de la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio, denominada capacidad portante.

- Estados Límite de Servicio (E.L.S.): son aquellos que, de ser superados, afectan al confort y bienestar de los usuarios, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción. Están relacionados con la aptitud al servicio de la estructura.

A continuación, se detallan las diferentes situaciones calculadas sobre nuestro edificio:

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

### Situaciones de proyecto

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

- **Con coeficientes de combinación**

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

- **Sin coeficientes de combinación**

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

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$g_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$g_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

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

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

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

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

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

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (γ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\gamma_p$ )	Acompañamiento ( $\gamma_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (γ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\gamma_p$ )	Acompañamiento ( $\gamma_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (γ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\gamma_p$ )	Acompañamiento ( $\gamma_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

**Tensiones sobre el terreno**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

**Desplazamientos**

<b>Integridad - G1</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	0.500

<b>Integridad + G1</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)				
Nieve (Q)				

<b>Apariencia</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-

Apariencia				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Sobrecarga (Q)				
Viento (Q)				
Nieve (Q)				

#### 4. Estructura metálica

En este apartado se comprobará los diferentes elementos de las diferentes partes que conforman la estructura metálica.

##### 4.1 Pórtico interior

La estructura del pórtico se compone de dos pilares de 7 metros de longitud y dos jácenas de 10.04 metros, todos ellos siendo perfiles de acero laminado serie IPE 330 de acero S75JR. La luz total del pórtico es de 20 metros y su separación con los pórticos contiguos es de 5 metros.

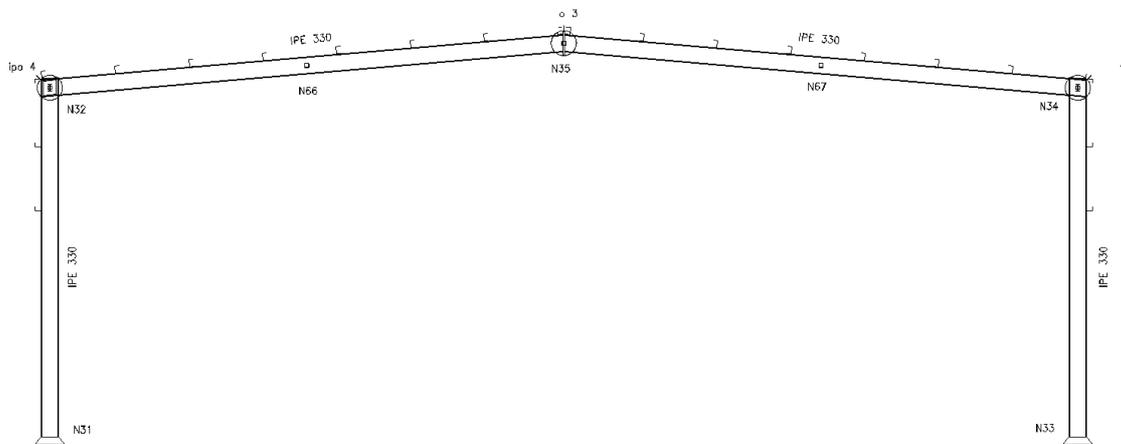


Imagen IV. Detalles de nudos y barras del pórtico interior

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)	$\beta_x$ y	$\beta_x$ z	Lb <sub>sup.</sub> (m)	Lb <sub>inf.</sub> (m)
Acero laminado	S275	N31/N32	N31/N32	IPE 330 (IPE)	7.000	0.70	1.35	-	-
		N32/N35	N32/N35	IPE 330 (IPE)	10.038	0.00	1.99	-	-
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final $\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' $\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' Lb <sub>sup.</sub> : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb <sub>inf.</sub> : Separación entre arriostramientos del ala inferior									

## Flechas

### Referencias:

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

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

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N1/N2	7.000	1.65	6.563	26.53	7.000	2.76	7.000	47.41
	7.000	L/(>1000)	6.563	L/263.8	7.000	L/(>1000)	6.453	L/263.9
N32/N35	6.274	1.01	6.776	14.08	5.270	1.88	6.525	24.59
	6.274	L/(>1000)	6.776	L/562.5	6.274	L/(>1000)	6.776	L/562.7

Comprobaciones E.L.U.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$		$M_t V_y$
N31/N32	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 7 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 16.3$	x: 7 m $\eta = 73.1$	x: 0 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 9.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7 m $\eta = 76.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 9.1$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 76.7$
N32/N66	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 5.019 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 0 m $\eta = 73.1$	x: 5.019 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 12.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 80.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 12.0$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 80.3$
N66/N35	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 5.019 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 10.2$	x: 4.768 m $\eta = 50.5$	x: 5.019 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 5.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.517 m $\eta = 54.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 5.5$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.3$

**Notación:**

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : 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
- $M_y V_z$ : 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
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)

4.2 Pórtico de fachada

La estructura de los dos pórticos de fachada se compone de 5 pilares de distintas alturas (dos de 7 m en los extremos, dos de 7.43 m entre medias y uno central de 7.875m) conformados por perfiles de acero laminado serie IPE220 acero S275 JR en los cuales se apoyan las jácenas de 10.04 m de acero laminado serie IPE160 acero S275 JR. También se incluye un arriostramiento central a una altura de 4.63 metros que corresponde a cuatro barras de 5 metros de longitud formado por chapas de acero laminado serie huecos cuadrados con un perfil #80x3 acero S275 JR. Por último, el sistema de arriostramiento lateral mediante las cruces de San Andrés son 8 tirantes en forma de L perfil L 75x75x4, siendo 4 de ellas de 6.815 m de longitud, dos de 5.74 m y las otras dos de 5.54 m.

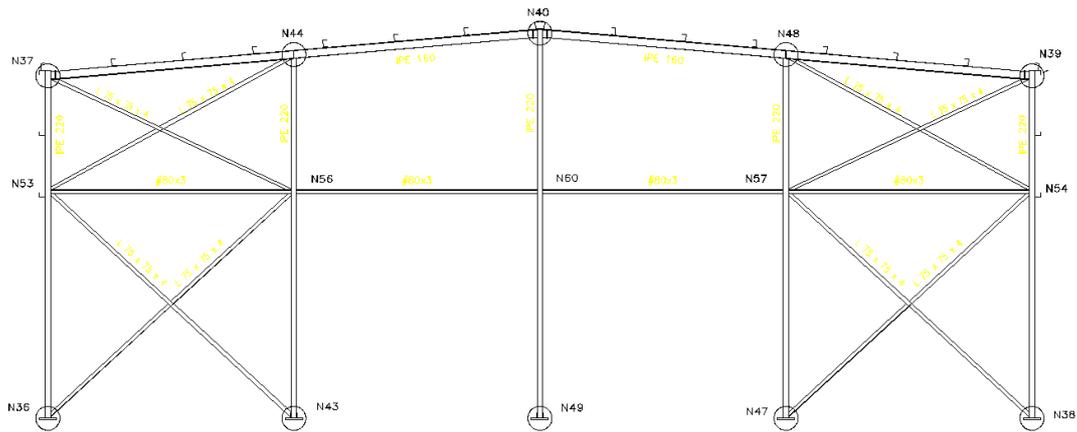


Imagen V. Detalles de nudos y barras del pórtico de fachada

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Acero laminado	S275	N36/N53	N36/N37	IPE 220 (IPE)	4.630	0.70	0.70	4.630	4.630
		N53/N37	N36/N37	IPE 220 (IPE)	2.370	1.00	1.00	2.370	2.370
		N37/N44	N37/N40	IPE 160 (IPE)	5.019	0.00	1.00	1.500	5.019
		N44/N40	N37/N40	IPE 160 (IPE)	5.019	0.00	1.00	1.500	5.019
		N49/N60	N49/N40	IPE 220 (IPE)	4.630	0.70	1.19	-	-
		N60/N40	N49/N40	IPE 220 (IPE)	3.245	1.00	1.70	-	-
		N53/N56	N53/N56	#80x3 (Huecos cuadrados)	5.000	1.00	1.00	-	-
		N36/N56	N36/N56	L 75 x 75 x 4 (L)	6.814	0.00	0.00	-	-
<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ni: Nudo inicial</li> <li>Nf: Nudo final</li> <li><math>\beta_{xy}</math>: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</li> <li><math>\beta_{xz}</math>: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</li> <li>Lb<sub>Sup.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala superior</li> <li>Lb<sub>Inf.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala inferior</li> </ul>									

Flechas

Referencias:

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

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

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N36/N37	4.051	13.50	4.051	6.99	4.341	26.46	4.051	12.21
	4.051	L/518.7	4.051	L/(>1000)	4.051	L/518.7	4.051	L/(>1000)
N37/N40	2.259	4.45	2.259	6.34	2.259	7.54	2.259	9.23
	2.259	L/(>1000)	2.259	L/815.4	2.259	L/(>1000)	2.259	L/815.6
N49/N40	4.341	11.48	4.630	16.57	4.341	22.96	4.630	32.42
	4.341	L/686.0	4.630	L/473.0	4.341	L/686.0	4.630	L/473.1
N53/N54	10.000	20.66	12.500	3.12	10.000	36.36	12.500	3.20
	10.000	L/968.2	12.500	L/(>1000)	10.000	L/968.3	7.500	L/(>1000)
N36/N56	5.963	0.00	4.259	0.00	4.685	0.00	4.259	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

### Comprobaciones E.L.U.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_x$	$N_z$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_z M_y V_z$	$M_x$		$M_y V_z$	$M_z V_y$
N36/N53	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$	x: 4.63 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> h = 96.9
	Cumple	Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta = 10.3$	$\eta = 87.2$	$\eta = 42.9$	$\eta = 8.5$	$\eta = 2.4$	$\eta = 96.9$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>					
N53/N37	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0 m	x: 2.37 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 2.37 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	$M_{Ed} = 0.00$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> h = 59.5
	Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$	$\eta = 0.6$	$\eta = 4.9$	$\eta = 27.5$	$\eta = 35.0$	$\eta = 5.1$	$\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 59.5$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>			
N37/N44	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0.251 m	x: 5.019 m	x: 0 m	x: 5.019 m	x: 5.019 m	x: 5.019 m	x: 0 m	x: 0.251 m	x: 0.251 m	x: 5.019 m	x: 0.251 m	$M_{Ed} = 0.00$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> h = 74.4
	Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$	$\eta = 0.3$	$\eta = 8.2$	$\eta = 71.6$	$\eta = 8.1$	$\eta = 6.1$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 74.4$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>			
N44/N40	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$	x: 5.019 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> h = 71.6
	Cumple	Cumple	$\eta = 6.5$	$\eta = 10.8$	$\eta = 71.6$	$\eta = 8.1$	$\eta = 5.3$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 69.5$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>			
N49/N60	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$	x: 4.63 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 4.63 m	x: 0 m	x: 0 m	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> h = 90.3
	Cumple	Cumple	$\eta = 1.2$	$\eta = 8.6$	$\eta = 86.4$	$\eta = 11.2$	$\eta = 15.5$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 90.3$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>			
N60/N40	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0 m	x: 3.245 m	x: 0 m	x: 0.406 m	x: 0 m	x: 3.245 m	$\eta = 0.2$	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	x: 0 m	$M_{Ed} = 0.00$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> h = 52.8
	Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$	$\eta = 1.5$	$\eta = 6.3$	$\eta = 41.5$	$\eta = 11.2$	$\eta = 8.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 52.8$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>				

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N53/N56	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 3.8$	$\eta = 18.8$	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 4.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 23.6$	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b>h = 23.6</b>

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N36/N56	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 9.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b>h = 9.1</b>

Notación:

$\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez

$\lambda_w$ : 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

$M_y V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados

$M_z V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados

$x$ : Distancia al origen de la barra

$\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

<sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

<sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

<sup>(8)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<sup>(9)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### 4.3 Sistema de arriostramiento

#### 4.3.1. Viga contraviento

Para la estructura del sistema contraviento se ha elegido una configuración tipo Pratt con barras suplementarias que reduce la longitud efectiva de pandeo y corrigen el efecto debido a la doble dirección del viento. Para ello se han elegido para los montantes barras de perfil hueco cuadrado de chapas de acero laminado de #80x3 de 5 metros de longitud y tirantes de perfil en L 75x75x4 de 7.01 metros para las diagonales.

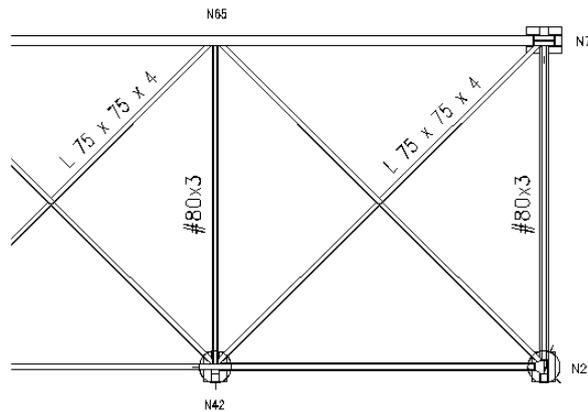


Imagen VI. Detalles de nudos y barras del sistema contraviento de cubierta

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Acero laminado	S275	N42/N65	N42/N65	#80x3 (Huecos cuadrados)	5.000	1.00	1.00	-	-
		N2/N65	N2/N65	L 75 x 75 x 4 (L)	7.085	0.00	0.00	-	-
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final $\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' $\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' Lb <sub>Sup.</sub> : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb <sub>Inf.</sub> : Separación entre arriostramientos del ala inferior									

Flechas

Referencias:

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

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

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima 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)						
N42/N65	4.063	0.00	2.500	3.10	3.750	0.00	2.500	3.09
	-	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)	-	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)
N2/N65	5.756	0.00	4.871	0.00	5.756	0.00	4.871	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

### Comprobaciones E.L.U.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$		$M_tV_y$
N42/N65	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \in I_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(6)</sup>	$h = 47.5$	x: 2.5 m h = 4.4	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m h = 0.3	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.313 m h < 0.1	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 2.5 m h = 53.2	x: 0.313 m h < 0.1	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> h = 53.2

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$	$M_tV_y$	
N2/N65	$\bar{\lambda} \in 4.0$ Cumple	h = 22.5	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> h = 22.5

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : 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
- $M_yV_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- $M_zV_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- $NM_yM_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados
- $NM_yM_zV_yV_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- $M_t$ : Resistencia a torsión
- $M_tV_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- $M_tV_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$	
<i>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</i>														
<i>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</i>														
<i>(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</i>														
<i>(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</i>														
<i>(4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</i>														
<i>(5) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</i>														
<i>(6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</i>														
<i>(7) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</i>														
<i>(8) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</i>														
<i>(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</i>														

### 4.3.2. Arriostramiento lateral

La estructura de las dos fachadas se compone cada una de una viga perimetral que une los pórticos interiores entre si con barras de longitud de 5 metros de la serie IPE 140 acero S275 JR. Esta barra no llega a los pórticos de fachada ya que esa unión es parte del sistema contraviento. Además de la viga perimetral, se incluyen las cruces de San Andrés para el desplazamiento lateral que arriostran los pilares del pórtico de fachada con sus contiguos. Las dimensiones de los tirantes son de 8.60 m de longitud siendo estos de perfil en L 90x90x6 para cumplir pandeo.

En la fachada lateral que da a la vía se han incorporado dos vigas de 5 metros de longitud para soportar las cargas de los cerramientos para las entradas de vehículos, siendo estos de un perfil IPE 270

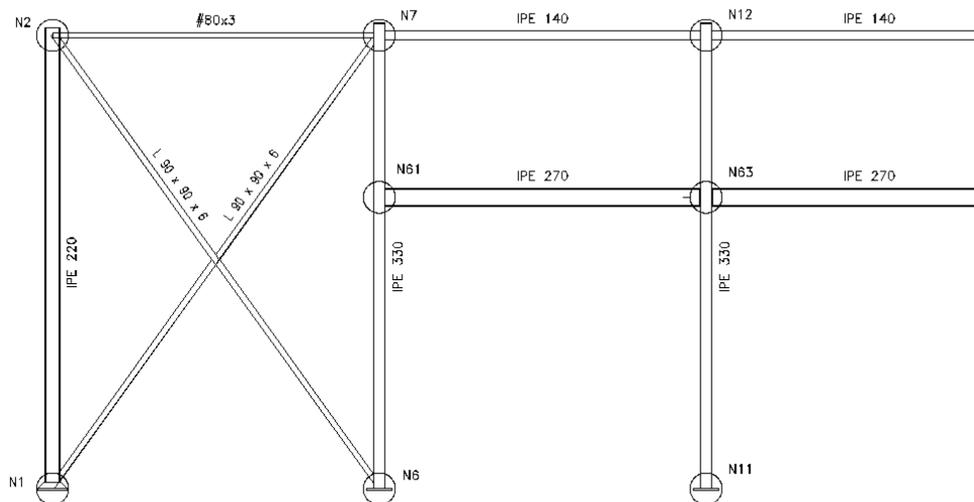


Imagen VI. Detalles de nudos y barras de la fachada lateral

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Acero laminado	S275	N2/N7	N2/N7	#80x3 (Huecos cuadrados)	5.000	1.00	1.00	-	-
		N7/N12	N7/N12	IPE 140 (IPE)	5.000	0.00	0.00	-	-
		N1/N7	N1/N7	L 90 x 90 x 6 (L)	8.602	0.00	0.00	-	-
		N61/N63	N61/N63	IPE 270 (IPE)	5.000	1.00	1.00	-	-
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final $\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' $\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' Lb <sub>Sup.</sub> : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb <sub>Inf.</sub> : Separación entre arriostramientos del ala inferior									

### Flechas

#### Referencias:

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

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

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N61/N62	5.000	0.70	7.500	0.74	5.000	0.89	7.500	0.74
	5.000	L/(>1000)	7.500	L/(>1000)	5.000	L/(>1000)	7.500	L/(>1000)

El resto de elementos trabajan a tracción, por lo que no se realizan sus comprobaciones de flechas.

Comprobaciones E.L.U.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N2/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 1.0$	$\eta = 62.8$	x: 2.5 m $\eta = 4.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 2.5 m $\eta = 68.7$	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 68.7$
N7/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 7.6$	$\eta = 4.2$	x: 2.5 m $\eta = 2.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 2.5 m $\eta = 9.8$	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 9.8$
N61/N63	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.5 m $\eta = 3.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 1.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 2.5 m $\eta = 3.5$	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.5$

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/N7	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 12.3$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 12.3$	

4.4 Correas

Las correas se emplean para recibir los esfuerzos de los cerramientos y transmitirlos al pórtico. En la estructura se han elegido correas de perfil conformado en C ya que evita problemas de alabeo en el ala comprimida, lo que permite un mayor rendimiento a flexión. Después de realizar los cálculos, el tipo de perfil escogido para las correas de cubierta es CF-180x2.5 mm con una separación de 1.5 metros entre ellas, siendo de acero 235 JR; mientras que para las correas laterales se han escogido un perfil CF-120x2.5 con una separación de 1.25 m, siendo también de acero 235 JR.

4.4.1 Correas cubierta

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 92.90 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: CF-180x2.5										
Material: S235										
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	
		0.747, 5.000, 7.065	0.747, 0.000, 7.065	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 <sub>k</sub>	0.000	5.000	0.000	0.000					
	C <sub>1</sub>	-			1.000					
	Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t) <sub>máx.</sub> Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m η = 92.9	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0 m η = 16.4	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 92.9

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		
<p><b>Notación:</b></p> <p><i>b / t: Relación anchura / espesor</i></p> <p><i><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</i></p> <p><i>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</i></p> <p><i>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</i></p> <p><i>M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión. Eje Y</i></p> <p><i>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión. Eje Z</i></p> <p><i>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión biaxial</i></p> <p><i>V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y</i></p> <p><i>V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z</i></p> <p><i>N<sub>t</sub>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a tracción y flexión</i></p> <p><i>N<sub>c</sub>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a compresión y flexión</i></p> <p><i>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante, axil y flexión</i></p> <p><i>M<sub>t</sub>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante</i></p> <p><i>x: Distancia al origen de la barra</i></p> <p><i>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</i></p> <p><i>N.P.: No procede</i></p>															
<p><b>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</b></p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> <p><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.</p> <p><sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(8)</sup> No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(9)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(10)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p>															

**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:

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

$$\eta : \underline{0.929} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.747, 5.000, 7.065, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(0°) H1.

**M<sub>y,Ed</sub>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{y,Ed^+} : \underline{0.916} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>y,Ed</sub>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{y,Ed^-} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión **M<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$\mathbf{M}_{c,Rd} : \underline{0.986} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$\mathbf{W}_{el} : \underline{43.24} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yb</sub>**: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_{yb} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

**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:

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

$$\eta : \underline{0.164} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.747, 5.000, 7.065, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(0°) H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{0.953} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>b,Rd</sub>** viene dado por:

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

$$\mathbf{V_{b,Rd}} : \underline{5.799} \text{ t}$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

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

**t**: Espesor.

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

**φ**: Ángulo que forma el alma con la horizontal.

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

**f<sub>bv</sub>**: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

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

$$\mathbf{f_{bv}} : \underline{1389.40} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

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

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

Donde:

**f<sub>yb</sub>**: Límite elástico del material base.  
(CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\quad 2140672.78 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**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

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:

Comprobación de flecha

- Flecha: 56.59 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.747, 5.000, 7.065

Coordenadas del nudo final: 0.747, 0.000, 7.065

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

( $I_y = 389 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 38 \text{ cm}^4$ )

4.4.2. Correas laterales

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia

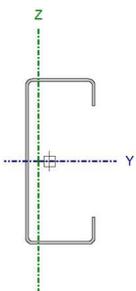
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.

Aprovechamiento: 84.69 %

Barra pésima en lateral

Perfil: CF-120x2.5

Material: S235

	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_y^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )	$y_g^{(3)}$ (mm)
	20.000, 5.000, 0.625	20.000, 10.000, 0.625	5.000	6.09	133.08	21.63	0.13	-7.81
<p>Notas:</p> <p><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado</p> <p><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p> <p><sup>(3)</sup> Coordenadas del centro de gravedad</p>								
	Pandeo		Pandeo lateral					
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
$\beta$	0.00	1.00	0.00	0.00				
$L_k$	0.000	5.000	0.000	0.000				
$C_1$	-		1.000					
<p>Notación:</p> <p><math>\beta</math>: Coeficiente de pandeo</p> <p><math>L_k</math>: Longitud de pandeo (m)</p> <p><math>C_1</math>: Factor de modificación para el momento crítico</p>								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		
pésima en lateral	b / t ≤ (b / t) <sub>Máx.</sub> Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m η = 84.7	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0 m η = 11.2	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 84.7	
<p><i>Notación:</i></p> <p>b / t: Relación anchura / espesor</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</p> <p>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</p> <p>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</p> <p>M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión. Eje Y</p> <p>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión. Eje Z</p> <p>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión biaxial</p> <p>V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y</p> <p>V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z</p> <p>N<sub>t</sub>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a tracción y flexión</p> <p>N<sub>c</sub>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a compresión y flexión</p> <p>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante, axil y flexión</p> <p>M<sub>t</sub>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p><i>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</i></p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> <p><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.</p> <p><sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(8)</sup> No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(9)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(10)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p>															

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

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h / t : \underline{44.0} \checkmark$$

$$b/t \leq 90$$

$$b / t : \underline{16.0} \checkmark$$

$$c/t \leq 30$$

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

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

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

$$c / b : \underline{0.375}$$

Donde:

**h**: Altura del alma.

**h** : 110.00 mm

**b**: Ancho de las alas.

**b** : 40.00 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:

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

$$\eta : \underline{0.847} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 20.000, 5.000, 0.625, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ) H2$ .

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

$$M_{y,Ed}^- : \underline{0.429} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{0.506} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{el} : \underline{22.18} \text{ cm}^3$$

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

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

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

$$\eta : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 20.000, 5.000, 0.625, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ) H2$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.429} \quad t$$

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

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

$$V_{b,Rd} : \underline{3.814} \quad t$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{115.30} \quad \text{mm}$$

$t$ : Espesor.

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

$\phi$ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

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

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

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

$$f_{bv} : \underline{1389.40} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

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

$\bar{\lambda}_w$  : 0.53

Donde:

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

$f_{yb}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E$  : 2140672.78 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 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

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 84.70 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 35.000, 0.625

Coordenadas del nudo final: 0.000, 30.000, 0.625

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(90^\circ)$  H1 a una distancia 2.500 m del origen en el primer vano de la correa.

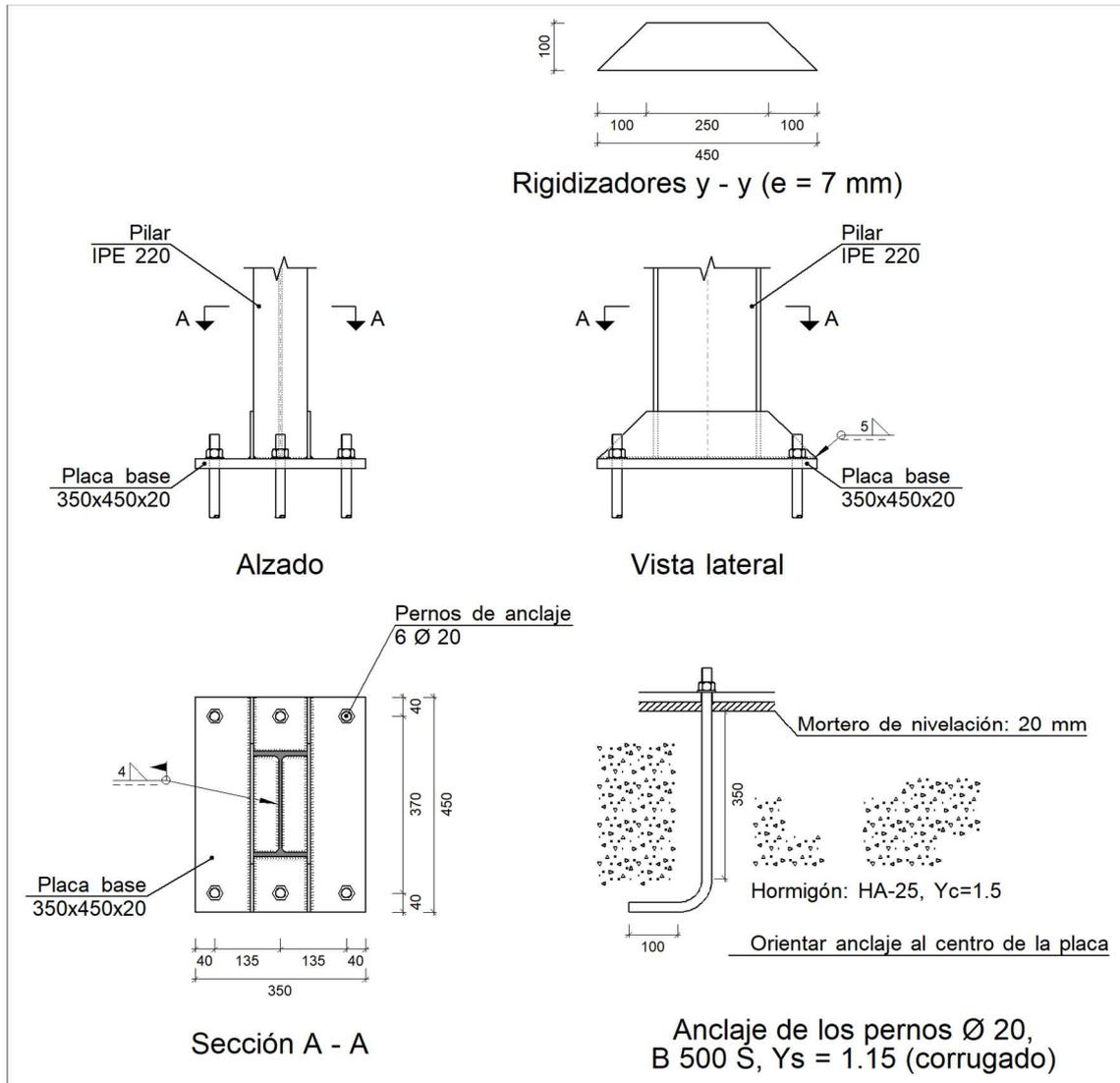
( $I_y = 133 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 22 \text{ cm}^4$ )

#### 4.5 Placas de anclaje

En la estructura se utilizan dos tipos de placas de anclaje: unas para los pilares de los pórticos de fachada y otras para los pilares de los pórticos interiores. Para los pilares de los pórticos de fachada se emplean una placa base de 350x450x20 fijada en la cimentación por 6 pernos de 20mm de diámetro y una longitud de 35 cm (tipo 1); mientras que para los pilares de los pórticos interiores se emplea una placa base de 400x550x20 mm con fijación a la cimentación por 6 pernos de 20 mm de diámetro y una longitud de 50 cm (tipo 2).

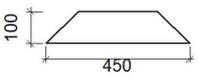
##### 4.5.1. Tipo 1

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f <sub>y</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		350	450	20	6	20	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		450	100	7	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar IPE 220

Cordones de soldadura

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 <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85	

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 135 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 55 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 37.7	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 22 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:  - Cortante:  - Tracción + Cortante:	Máximo: 7.929 t Calculado: 5.934 t  Máximo: 5.55 t Calculado: 0.633 t  Máximo: 7.929 t Calculado: 6.838 t	Cumple  Cumple  Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 10.179 t Calculado: 5.999 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 4854.13 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1949.44 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 21.358 t Calculado: 0.634 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 801.042 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 801.268 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2441.22 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2441.23 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1522.65	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1522.11	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2971.47	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2971.46	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1398.1 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -59): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	450	7.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 59): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	450	7.0	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -59): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 59): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

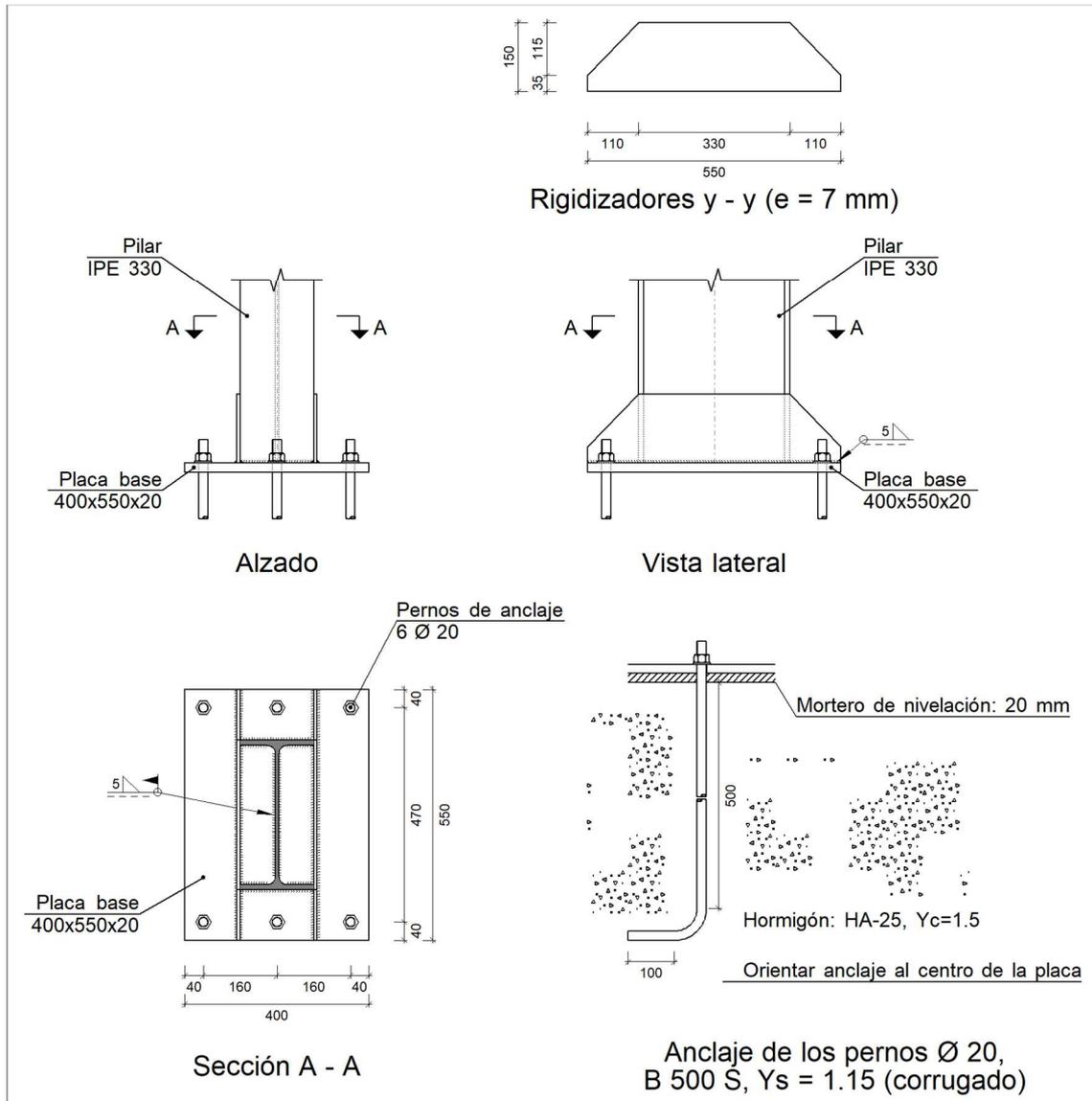
<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	1763
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	735

<b>Elementos de tornillería</b>			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	6	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	6	ISO 7089-20

<b>Placas de anclaje</b>				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x450x20	24.73
	Rigidizadores pasantes	2	450/250x100/0x7	3.85
	Total			28.57
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	6	$\varnothing 20 - L = 410 + 194$	8.94
	Total			8.94

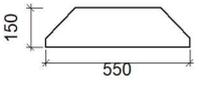
4.5.2. Tipo 2

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		400	550	20	6	20	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		550	150	7	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar IPE 330

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	1095	7.5	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 160 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 70 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 22 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 11.327 t Calculado: 9.449 t Máximo: 7.929 t Calculado: 0.714 t Máximo: 11.327 t Calculado: 10.468 t	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 10.179 t Calculado: 9.872 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 4854.13 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 3176.91 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 21.358 t Calculado: 0.743 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1210.67 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1219.94 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1911.44 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1554.08 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Flecha global equivalente:</b> <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2421.28	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2421.31	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5889.66	Cumple
- Abajo:	Calculado: 7210.35	Cumple
<b>Tensión de Von Mises local:</b> <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2151.92 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -84): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	550	7.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 84): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	550	7.0	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -84): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 84): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	2154
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	1095

<b>Elementos de tornillería</b>			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	6	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	6	ISO 7089-20

<b>Placas de anclaje</b>				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	400x550x20	34.54
	Rigidizadores pasantes	2	550/330x150/35x7	7.68
	Total			42.22
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	6	Ø 20 - L = 560 + 194	11.16
	Total			11.16

## 5. Cimentación

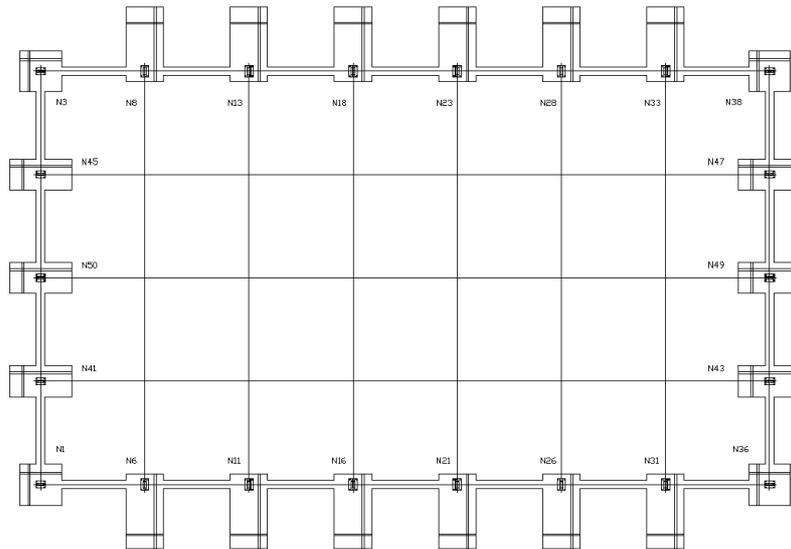


Imagen VIII. Detalles de nudos, zapatas y vigas de atado de la cimentación

### 5.1 Zapatas

#### 5.1.1. Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N8, N13, N18, N23, N28 y N33	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 90.0 cm Ancho inicial Y: 50.0 cm Ancho final X: 90.0 cm Ancho final Y: 310.0 cm Ancho zapata X: 180.0 cm Ancho zapata Y: 360.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 21Ø12c/17 Sup Y: 10Ø12c/17 Inf X: 21Ø12c/17 Inf Y: 10Ø12c/17
N31, N26, N21, N16, N11 y N6	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 90.0 cm Ancho inicial Y: 310.0 cm Ancho final X: 90.0 cm Ancho final Y: 50.0 cm Ancho zapata X: 180.0 cm Ancho zapata Y: 360.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 21Ø12c/17 Sup Y: 10Ø12c/17 Inf X: 21Ø12c/17 Inf Y: 10Ø12c/17

Referencias	Geometría	Armado
N45, N50, N41, N43, N49 y N47	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 150.0 cm Ancho zapata Y: 300.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 17Ø12c/17 Sup Y: 8Ø12c/17 Inf X: 17Ø12c/17 Inf Y: 8Ø12c/17
N3, N1, N36 y N38	Zapata cuadrada Anchura: 200.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 11Ø12c/17 Sup Y: 11Ø12c/17 Inf X: 11Ø12c/17 Inf Y: 11Ø12c/17

### 5.1.2. Comprobación

Solo se muestra la comprobación de una zapata, en este caso la correspondiente a la de un pilar de uno de los pórticos interiores, ya que el resto de ellas se realizan de una manera similar.

Referencia: N6		
Dimensiones: 180 x 360 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.03874 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.295 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.548 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.368 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.548 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.482 kp/cm <sup>2</sup>	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: 542.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 41.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 1.28 t·m	Cumple

Referencia: N6		
Dimensiones: 180 x 360 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Momento: 13.19 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.56 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 6.91 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup>	
<i>Criterio de CYPE</i>	Calculado: 7.53 t/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm	
<i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 70 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N6:	Mínimo: 49 cm Calculado: 63 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	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: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0006	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	

Referencia: N6		
Dimensiones: 180 x 360 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- 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: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
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: 23 cm Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 23 cm Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 238 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 23 cm Calculado: 23 cm	Cumple

Referencia: N6		
Dimensiones: 180 x 360 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 23 cm Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 238 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## 5.2. Vigas

### 5.2.1. Descripción

Referencias	Geometría	Armado
C [N3-N45], C [N45-N50], C [N50-N41], C [N41-N1], C [N1-N6], C [N6-N11], C [N11-N16], C [N16-N21], C [N21-N26], C [N26-N31], C [N31-N36], C [N36-N43], C [N43-N49], C [N49-N47], C [N47-N38], C [N38-N33], C [N33-N28], C [N28-N23], C [N23-N18], C [N18-N13], C [N13-N8] y C [N8-N3]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

## 5.2.2. Comprobación

Como en el caso de las zapatas, solo se muestra la comprobación de una de las vigas de atado, en este caso la correspondiente a la unión de las zapatas de los nudos N1 y N6, ya que el resto de ellas se realizan de una manera similar.

Referencia: C.1 [N1-N6] (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
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>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	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)		

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL  
DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE 700  
M<sup>2</sup>, DEDICADA A LA RECARGA Y  
DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES Y  
ELEMENTOS CONTRA INCENDIOS, SITA  
EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL  
“COGULLADA” DEL MUNICIPIO DE  
ZARAGOZA

**MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

AUTOR: JAVIER IBÁÑEZ FERRER

TUTOR: PEDRO ILDEFONSO JAÉN GÓMEZ



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA



## Índice de tablas

a) Medición total cantidad de acero S275JR .....	3
b) Medición zanjas .....	4
c) Medición vigas de atado .....	4
d) Medición placas de anclaje .....	5

En este documento se presentará las mediciones de los distintos elementos que conforman la estructura y calcularemos su coste de ejecución mediante la elaboración del presupuesto. Para el cálculo del presupuesto se ha utilizado el programa Arquímedes de CYPE.

El banco de precios utilizado ha sido el banco de precios IVE 2020 referenciado a la zona de Aragón, el cual se ha obtenido desde la página web de Instituto Valenciano de la Edificación (IVE).

## 1. Mediciones

En este capítulo se especificará los cálculos realizados para determinar la cantidad de material que se necesita para ejecutar cada unidad de obra.

Respecto al acero laminado S275 que se emplea en la obra se puede extraer de la tabla 1 la cantidad que se emplea para cada elemento, sacada del programa CYPE 3D. Se ha incluido los tirantes de la fachada que CYPE no puede calcular por no formar un rectángulo.

Resumen de medición														
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso				
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)		
Acero laminado	S275	IPE	IPE 220	73.500			0.245			1927.10				
			IPE 160	40.153			0.081			633.55				
			IPE 330	204.458			1.280			10047.30				
			IPE 270	10.000			0.046			360.32				
			IPE 140	50.000			0.082			643.70				
						378.111		1.734			13611.96			
				L	L 75 x 75 x 4	212.940			0.127			991.25		
					L 90 x 90 x 6	68.819			0.073			572.64		
							236.688		0.172			1563.89		
				Huecos cuadrados	#80x3	90.000			0.080			628.60	628.60	
						90.000		0.080			628.60			
						704.799			1.987			<b>15804.45</b>		

Tabla a. Medición total cantidad de acero S275JR

Respecto a los cimientos, en las tablas 2 y 3 se nos muestran las mediciones del acero y del hormigón empleado tanto en las zanjas (tabla 2), como en las vigas de atado (tabla 3) en las que se incluyen las mermas de acero.

Zanjas: Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)		Hormigón (m <sup>3</sup> )	
	Ø12		HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N8, N13, N18, N23, N28 y N33	6x149.58		6x4.54	6x0.65
Referencias: N31, N26, N21, N16, N11 y N6	6x149.58		6x4.54	6x0.65
Referencias: N45, N50, N41, N43, N49 y N47	6x98.49		6x3.15	6x0.45
Referencias: N3, N1, N36 y N38	4x79.07		4x2.80	4x0.40
Totales	<b>2702.18</b>		<b>84.53</b>	<b>12.08</b>

Tabla b. Medición zanjas

Vigas: Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m <sup>3</sup> )	
	Ø8	Ø12	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: C [N3-N45], C [N45-N50], C [N50-N41], C [N41-N1], C [N1-N6], C [N6-N11], C [N11-N16], C [N16-N21], C [N21-N26], C [N26-N31], C [N31-N36], C [N36-N43], C [N43-N49], C [N49-N47], C [N47-N38], C [N38-N33], C [N33-N28], C [N28-N23], C [N23-N18], C [N18-N13], C [N13-N8] y C [N8-N3]	22x6.93	22x19.58	583.22	22x0.52	22x0.13
Totales	152.46	430.76	<b>583.22</b>	<b>11.44</b>	<b>2.86</b>

Tabla c. Medición vigas de atado

Por último, en la tabla 4 se muestra el resumen de las mediciones respecto a los elementos empleados para formar las placas de anclaje, tanto la cantidad de acero S275JR como la de acero B500S.

<b>Placas de anclaje</b>				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	10	350x450x20	247.28
		12	400x550x20	414.48
	Rigidizadores pasantes	20	450/250x100/0x7	38.47
		24	550/330x150/35x7	92.12
	Total			
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	60	Ø 20 - L = 410 + 194	89.41
		72	Ø 20 - L = 560 + 194	133.93
	Total			

Tabla d. Medición placas de anclaje



Presupuesto: Proyecto de construcción de planta industrial de 700 m<sup>2</sup>, sito en el polígono industrial Cogullada (Zaragoza), dedicado a la recarga y distribución de extintores y otros elementos contra incendios.

**Presupuesto parcial nº 1 Movimiento de tierras en edificación**

<b>Num.</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
1.1.- Desbroce y limpiezas					
1.1.1	m <sup>2</sup>	Despeje, desbroce y refino de terrenos hasta 25 cm de oprofundidad, con vegetación de hasta 2m de altura, incluida la retirada de material, carga y transporte.	1.750,000	3,78	6.615,00
Total 1.1.- 1.1 Desbroce y limpiezas:					6.615,00
1.2.- Excavaciones					
1.2.1	m <sup>3</sup>	Excavación de zanja en tierras realizada con medios mecánicos, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero a una distancia menor a 10 km.	95,930	5,98	573,66
Total 1.2.- 1.2 Excavaciones:					573,66
1.3.- Rellenos					
1.3.1	m <sup>3</sup>	Relleno y extendido de zahorras con medios mecánicos en capas de 25cm de espesor máximo, incluido el riego y compactación con grado de 95% del Proctor modificado.	700,000	18,08	12.656,00
Total 1.3.- 1.3 Rellenos:					12.656,00
<b>Total presupuesto parcial nº 1 Movimiento de tierras en edificación:</b>					<b>19.844,66</b>

**Presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones**

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
<b>2.1.- Regularización</b>					
2.1.1	m <sup>2</sup>	Suministro y vertido de capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20, para formación de solera de asiento, con una dosificación mínima de cemento de 150kg/m <sup>3</sup> , de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm y 10 cm de espesor, en la base de la cimentación, vertido directamente desde camión, transportado y puesto en obra, según EHE-08, DB SE-C del CTE y NTE-CS.	149,360	9,74	1.454,77
Total 2.1.- 2.1 Regularización:					1.454,77
<b>2.2.- Superficiales</b>					
<b>2.2.1.- Zapata de cimentación</b>					
2.2.1.1	m <sup>3</sup>	Suministro y vertido de hormigón HA-25/B/IIa preparado en central para hormigonado de zapatas, vigas centradoras y riostras, incluido el vertido mediante cubilota, vibrado y curado del hormigón según EHE-08, DB SE-C del CTE y NTE-CS	84,530	90,08	7.614,46
2.2.1.2	kg	Suministro de jaulas montadas en taller de acero corrugado B 500 S de distintos diámetros y colocación como armado en zapatas, riostras y vigas de atado de hormigón, incluido el atado de solapes, la colocación de separadores, cortes y depuntes, totalmente montada y lista para hormigonar, según EHE-08, DB SE-C del CTE y NTE-CS.	2.702,100	1,03	2.783,16
Total 2.2.1.- 2.2.1 Zapata de cimentación:					10.397,62
Total 2.2.- 2.2 Superficiales:					10.397,62
<b>2.3.- Arriostramientos</b>					
<b>2.3.1.- Viga de atado</b>					
2.3.1.1	m <sup>3</sup>	Suministro y vertido de hormigón HA-25/B/IIa preparado en central para hormigonado de zapatas, vigas centradoras y riostras, incluido el vertido mediante cubilota, vibrado y curado del hormigón según EHE-08, DB SE-C del CTE y NTE-CS	11,440	90,08	1.030,52
2.3.1.2	kg	Suministro de jaulas montadas en taller de acero corrugado B 500 S de distintos diámetros y colocación como armado en zapatas, riostras y vigas de atado de hormigón, incluido el atado de solapes, la colocación de separadores, cortes y depuntes, totalmente montada y lista para hormigonar, según EHE-08, DB SE-C del CTE y NTE-CS.	583,220	1,03	600,72
Total 2.3.1.- 2.3.1 Viga de atado:					1.631,24
Total 2.3.- 2.3 Arriostramientos:					1.631,24
<b>2.4.- Pavimento</b>					
2.4.1	m <sup>2</sup>	Solera de 15cm de espesor, de hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, vertido directamente desde camión, armada con malla electrosoldada de 15x15cm y 5 mm de diámetro, de acero B 500 T, extendido sobre lámina aislante de polietileno; realizada sobre capa base existente (no incluida en este precio). Incluso curado y vibrado del hormigón con regla vibrante, formación de juntas de hormigonado y plancha de poliestireno expandido para la ejecución de juntas de contorno, colocada alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera, como pilares y muros, terminación mediante reglado, según EHE-08.	700,000	24,95	17.465,00
Total 2.4.- 2.4 Pavimento:					17.465,00
<b>Total presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones:</b>					<b>30.948,63</b>

**Presupuesto parcial nº 3 Estructuras**

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.1.- Acero					
3.1.1.- Montajes industrializados					
3.1.1.1	kg	Suministro de acero S275 JR, en perfil laminado en caliente serie IPE acabado con capa de imprimación antioxidante, con montaje soldado en estructura de acero, incluso parte proporcional de cortes, piezas especiales y despuntes, según SE-A del CTE e Instrucción EAE.	11.460,000	1,99	22.805,40
3.1.1.2	kg	Suministro de acero S275 JR, en perfil laminado en caliente serie IPE acabado con capa de imprimación antioxidante, con montaje atornillado en estructura de acero, incluso parte proporcional de cortes, piezas especiales y despuntes, según SE-A del CTE e Instrucción EAE.	2.151,960	1,93	4.153,28
3.1.1.3	kg	Suministro de acero S275 JR, en perfil laminado en caliente serie L acabado con capa de imprimación antioxidante, con montaje soldado en estructura de acero, incluso parte proporcional de cortes, piezas especiales y despuntes, según SE-A del CTE e Instrucción EAE.	1.563,890	1,99	3.112,14
3.1.1.4	kg	Suministro de acero S235 JR, en perfil conformado en frío serie C acabado con capa de imprimación antioxidante, con montaje soldado en estructura de acero, incluso parte proporcional de cortes, piezas especiales y despuntes, según SE-A del CTE e Instrucción EAE.	4.557,200	2,18	9.934,70
3.1.1.5	kg	Suministro de acero S275J0, en perfil hueco conformado en frío serie cuadrado acabado con capa de imprimación antioxidante, con montaje soldado en estructura de acero, incluso parte proporcional de cortes, piezas especiales y despuntes, según SE-A del CTE e Instrucción EAE.	628,600	2,19	1.376,63
Total 3.1.1.- 3.1.1 Montajes industrializados:					41.382,15
3.1.2.- Pilares					
3.1.2.1	u	Suministro y montaje de placa de anclaje de acero S275JR, de dimensiones 55x55x2.0 cm, con 6 barras de acer B500s de 20mm de diámetro y 50 cm de longitud, soldadas o atornilladas, incluso taladro central, nivelación, relleno con mortero autonivelante expansivo, parte proporcional de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Según SE-A del CTE e Instrucción EAE.	12,000	131,98	1.583,76
3.1.2.2	u	Suministro y montaje de placa de anclaje de acero S275JR, de dimensiones 45x45x2.0 cm, con 6 barras de acer B500s de 20mm de diámetro y 50 cm de longitud, soldadas o atornilladas, incluso taladro central, nivelación, relleno con mortero autonivelante expansivo, parte proporcional de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Según SE-A del CTE e Instrucción EAE.	10,000	92,07	920,70
Total 3.1.2.- 3.1.2 Pilares:					2.504,46
Total 3.1.- 3.1 Acero:					43.886,61
<b>Total presupuesto parcial nº 3 Estructuras:</b>					<b>43.886,61</b>

**Presupuesto parcial nº 4 Fachadas**

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.1.- Pesadas					
4.1.1	m2	Cerramiento formado por paneles prefabricados lisos de hormigón armado de 16cm de espesor, un ancho estándar de 2.50 m, longitud máxima 11, con acabado en gris y juntas machiembradas que facilitan la unión entre paneles y su sellado, totalmente montado.	495,000	122,16	60.469,20
Total 4.1.- 4.1 Pesadas:					60.469,20
4.2.- Ligera					
4.2.1	m2	Cerramiento de fachada con panel sandwich aislante, fabricado en continuo formados por dos paramentos metálicos de chaoa nervada de acero prelacado, de espesor exterior 0.50 e interior 0.50 mm, alma aislante de poliuretano, de conductividad térmica 0.026 W/(m²K), espesor de panel 35 mm y ancho de panel 1100mm, con diseño de la junta que oculta las fijaciones, colores blanco, gris, rojo teja, arena, azul y verdem incluso replanteo, mermas, cubrejuntas, accesorios de fijación y estanquidad.	292,600	54,58	15.970,11
Total 4.2.- 4.2 Ligera:					15.970,11
4.3.- Vidrios					
4.3.1	m2	Doble acristalamiento termica y acústicamente reforzado, formado por un vidiro monolítico de 6mm de espesor de baja emisividad, cámara intermedia de aire deshidratado de 12 mm, con perfil separador de aluminio sellada perimetralmente y vidrio laminado formado por dos vidrios de 5mm de espesor y una lámina de butiral de polivinilo acústico, con factor solar g=0.52-0.70 y trnasmitancia térmica 1.8 W/m2K, fijado sobre carpinteria con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, incluso sellado en frío con silicona y colocación de junquillos.	40,500	111,70	4.523,85
Total 4.3.- 4.3 Vidrios:					4.523,85
<b>Total presupuesto parcial nº 4 Fachadas:</b>					<b>80.963,16</b>

**Presupuesto parcial nº 5 Cubiertas**

<b>Num.</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.1.- Inclinas					
5.1.1.- Chapas de acero					
5.1.1.1	m2	Entablado de cubierta formado por panel sándwich con tres capas: cara superior de aglomerado hidrófugo de 10 mm de espesor, nucleo aislante de poliestireno extruido de 30 mm de espesor y cara inferior vista de tablero hidrófugo de 10 mm de espesor, de dimensiones 250x60 cm, colocado con fijaciones mecánicas y sellado de juntas con masilla de poliuretano y lámina asfáltica autoadhesiva.	703,500	39,87	28.048,55
Total 5.1.1.- 5.1.1 Chapas de acero:					28.048,55
5.1.2.- Lucernarios					
5.1.2.1	m2	Lucernario a un agua con una luz máxima entre 3 y 8 m revestido con placas de polimetacrilato de metilo incoloras de 6mm de espesor	36,000	298,18	10.734,48
Total 5.1.2.- 5.1.2 Lucernarios:					10.734,48
Total 5.1.- 5.1 Inclinas:					38.783,03
<b>Total presupuesto parcial nº 5 Cubiertas:</b>					<b>38.783,03</b>

**Presupuesto parcial nº 6 Particiones**

<b>Num.</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
6.1.- Puertas de paso interior					
6.1.1	m2	Cierre articulado arrollable en la parte superior realizado con lamas autoportantes y sustituibles, de aluminio anodizado natural, de 1.6mm de espesor, con sus dos extremos bloqueado por sistema de fijación con tope de PVC que impide su desplazamiento axial, con guías de aluminio a bas de perfil en U de 50x35x50mm equipadas con burletes estancos antirruido.	45,000	331,90	14.935,50
6.1.2	u	Puerta de paso de una hoja abatible de 90x205cm, formada por dos planchas de acero galvanizado ebsambladas entre si y relleno de espuma de poliuretano, marco de plancha de acero galvanizafo de 1.2mm de espesor, bisagras y cerradura embutida con manivela, incluso aplomado, colocación y eliminación de restos	2,000	124,44	248,88
Total 6.1.- 6.1 Puertas de paso interior:					<u>15.184,38</u>
<b>Total presupuesto parcial nº 6 Particiones:</b>					<b>15.184,38</b>

**Presupuesto parcial nº 7 Instalaciones**

<b>Num.</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
7.1.- Evacuación de aguas					
7.1.1	m	Bajante exterior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de PVC, serie B, de 160 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor; unión pegada con adhesivo. Incluso líquido limpiador, adhesivo para tubos y accesorios de PVC, material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.	56,000	27,51	1.540,56
7.1.2	m	Canalón interior para cubierta inclinada con chapa plegada de acero galvanizado, de 1.2 mm de espesor, 90 cm de desarrollo y 4 pliegues. Incluye accesorios de fijación de las piezas a las placas y masilla de base neutra monocomponente, para sellado de juntas	70,000	21,89	1.532,30
Total 7.1.- 7.1 Evacuación de aguas:					3.072,86
<b>Total presupuesto parcial nº 7 Instalaciones:</b>					<b>3.072,86</b>

**Presupuesto parcial nº 8 Jardinería**

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
<b>8.1.- Acondicionamiento del terreno</b>					
8.1.1	m2	Arado de terreno compacto con una profundidad de 30cm mediante pasadas de tractor agrícola 60 CV equipado con arado/subsolador	83,500	0,15	12,53
Total 8.1.- 8.1 Acondicionamiento del terreno:					12,53
<b>8.2.- Suministro y plantación de especies</b>					
8.2.1	u	Replanteo, presentación y plantación de árbol caducifolio de entre 12-14cm de perímetro de tronco a 1m del suelo en contenedor o cepellón en hpyo de 60x60x60cm realizado en terreno medio mediante medios mecánicos,relleno con tierras propias y un 60% de tierra vegetal fertilizada, apisonado de la tierra y primer riego, incluido el suministro del árbol.	11,000	60,42	664,62
Total 8.2.- 8.2 Suministro y plantación de especies:					664,62
<b>8.3.- Cerramientos exteriores</b>					
8.3.1	m	Cerca de 145 cm de altura, con verja enmarcada, en módulos de 250cm a 275cm de longitud y 95 cm de altura, realizada con un bastidor formado por perfiles de acero laminado L 40.4mm, soldados a tope, y mallazo electrosoldado de redondos de diámetro 6mm en retícula de 300x50mm, soldado al bastidor, postes de tubo rectangular de 1150x50x30x3mm y dos mechas de unión en cada cara de 75mm, también con tubo de 50x30x3mm pintada y anclada a zócalo de 50 cm de altura y 25cm de espesor, realizado con hormigón en masa HM 20 sobre zapata corrida de cimentación de 30x50cm de hormigón en masa HM20/B/40/I, incluso replanteos, excavación por medios mecánicos, carga y transporte de tierras a vertedero, encofrado a dos caras, vertido y compactado del hormigón, nivelación y aplomado, recibido de los soportes y de la verja, desengrasado y pintado con dos manos de esmalte sintético, parte proporcional de mermas, despuntes y limpieza.	57,750	74,00	4.273,50
8.3.2	m2	Puerta de cancela corredera, metálica para vallado exterior de parcela, para acceso de vehículos, de una hoja co carpintería de barrotes, con pórtico lateral de sustentación y tope de cierre, guía inferior UPN 100 y cuadradillo macizo de 25x25mm, ruedas de deslizamiento de 20 mm con rodamiento de engrase permanente, herrajes de seguridad y cierre acabado con imprimación antioxidante y accesorios.	30,380	320,58	9.739,22
8.3.3	u	Mot prtá crra h / 400 kg	1,000	356,24	356,24
8.3.4	u	Equipo de motorización para apertura y cierre automático para puerta corredera de hasta 800kg de peso, incluso soportes y pequel material, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento	1,000	388,06	388,06
8.3.5	u	Puerta para paso de peatones integrada en puerta de cancela, totalmente instalada, comprobada y en correcto funcionamiento	1,000	288,24	288,24
Total 8.3.- 8.3 Cerramientos exteriores:					15.045,26
<b>8.4.- Pavimento exterior</b>					
8.4.1	m2	Formación de capa de rodadura de 4cm de espesor final una vez apisonada ejecutada mediante el suministro, extendido y compactación de mezcla bituminosa en caliente drenante tipo PA 11 PMB 45/80-55 con árido porfídico de tamaño máximo 11 mm, incluida una dotación de betún y el reciclado del material procedente del fresado, incluido el transporte de la mezcla, para un tonelaje de aplicación <1200m2/día	1.050,000	14,61	15.340,50
Total 8.4.- 8.4 Pavimento exterior:					15.340,50

**Presupuesto parcial nº 8 Jardinería**

<b>Num.</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
				<b>Total presupuesto parcial nº 8 Jardinería:</b>	<b>31.062,91</b>

# Presupuesto de ejecución material

	Importe (€)
<b>1 Movimiento de tierras en edificación</b>	<b>19.844,66</b>
1.1.- Desbroce y limpiezas	6.615,00
1.2.- Excavaciones	573,66
1.3.- Rellenos	12.656,00
<b>2 Cimentaciones</b>	<b>30.948,63</b>
2.1.- Regularización	1.454,77
2.2.- Superficiales	10.397,62
2.2.1.- Zapata de cimentación	10.397,62
2.3.- Arriostramientos	1.631,24
2.3.1.- Viga de atado	1.631,24
2.4.- Pavimento	17.465,00
<b>3 Estructuras</b>	<b>43.886,61</b>
3.1.- Acero	43.886,61
3.1.1.- Montajes industrializados	41.382,15
3.1.2.- Pilares	2.504,46
<b>4 Fachadas</b>	<b>80.963,16</b>
4.1.- Pesadas	60.469,20
4.2.- Ligera	15.970,11
4.3.- Vidrios	4.523,85
<b>5 Cubiertas</b>	<b>38.783,03</b>
5.1.- Inclinas	38.783,03
5.1.1.- Chapas de acero	28.048,55
5.1.2.- Lucernarios	10.734,48
<b>6 Particiones</b>	<b>15.184,38</b>
6.1.- Puertas de paso interior	15.184,38
<b>7 Instalaciones</b>	<b>3.072,86</b>
7.1.- Evacuación de aguas	3.072,86
<b>8 Jardinería</b>	<b>31.062,91</b>
8.1.- Acondicionamiento del terreno	12,53
8.2.- Suministro y plantación de especies	664,62
8.3.- Cerramientos exteriores	15.045,26
8.4.- Pavimento exterior	15.340,50
<b>Total .....</b>	<b>263.746,24</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y TRES MIL SETECIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.

Zaragoza, Septiembre 2021  
Estudiante ingeniería en tecnologías industriales

Javier Ibáñez Ferrer

Proyecto: Proyecto de construcción de planta industrial de 700 m2, sito en el polígono industrial...

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
<b>1 Movimiento de tierras en edificación</b>	
1.1 Desbroce y limpiezas .....	6.615,00
1.2 Excavaciones .....	573,66
1.3 Rellenos .....	12.656,00
<b>Total 1 Movimiento de tierras en edificación .....</b>	<b>19.844,66</b>
<b>2 Cimentaciones</b>	
2.1 Regularización .....	1.454,77
2.2 Superficiales	
2.2.1 Zapata de cimentación .....	10.397,62
Total 2.2 Superficiales .....	10.397,62
2.3 Arriostramientos	
2.3.1 Viga de atado .....	1.631,24
Total 2.3 Arriostramientos .....	1.631,24
2.4 Pavimento .....	17.465,00
<b>Total 2 Cimentaciones .....</b>	<b>30.948,63</b>
<b>3 Estructuras</b>	
3.1 Acero	
3.1.1 Montajes industrializados .....	41.382,15
3.1.2 Pilares .....	2.504,46
Total 3.1 Acero .....	43.886,61
<b>Total 3 Estructuras .....</b>	<b>43.886,61</b>
<b>4 Fachadas</b>	
4.1 Pesadas .....	60.469,20
4.2 Ligera .....	15.970,11
4.3 Vidrios .....	4.523,85
<b>Total 4 Fachadas .....</b>	<b>80.963,16</b>
<b>5 Cubiertas</b>	
5.1 Inclinas	
5.1.1 Chapas de acero .....	28.048,55
5.1.2 Lucernarios .....	10.734,48
Total 5.1 Inclinas .....	38.783,03
<b>Total 5 Cubiertas .....</b>	<b>38.783,03</b>
<b>6 Particiones</b>	
6.1 Puertas de paso interior .....	15.184,38
<b>Total 6 Particiones .....</b>	<b>15.184,38</b>
<b>7 Instalaciones</b>	
7.1 Evacuación de aguas .....	3.072,86
<b>Total 7 Instalaciones .....</b>	<b>3.072,86</b>
<b>8 Jardinería</b>	
8.1 Acondicionamiento del terreno .....	12,53
8.2 Suministro y plantación de especies .....	664,62
8.3 Cerramientos exteriores .....	15.045,26
8.4 Pavimento exterior .....	15.340,50
<b>Total 8 Jardinería .....</b>	<b>31.062,91</b>
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>263.746,24</b>
13% de gastos generales	34.287,01
6% de beneficio industrial	15.824,77
<b>Suma</b>	<b>313.858,02</b>
21% IVA	65.910,18
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>379.768,20</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.

Zaragoza, Septiembre 2021  
Estudiante ingeniería en tecnologías industriales

Javier Ibáñez Ferrer

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL  
DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE 700  
M<sup>2</sup>, DEDICADA A LA RECARGA Y  
DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES Y  
ELEMENTOS CONTRA INCENDIOS, SITA  
EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL  
“COGULLADA” DEL MUNICIPIO DE  
ZARAGOZA

**PLANOS**

AUTOR: JAVIER IBÁÑEZ FERRER

TUTOR: PEDRO ILDEFONSO JAÉN GÓMEZ



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

## Índice

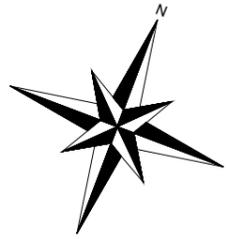
- 1. Situación y emplazamiento**
- 2. Replanteo**
- 3. Cimentación**
  - 3.1. Zapatas y vigas de atado**
  - 3.2. Detalles de las uniones zapatas y vigas de atado**
- 4. Estructura 3D**
- 5. Pórticos**
  - 5.1. Pórtico interior**
  - 5.2. Pórtico de fachada**
  - 5.3. Detalles de los pórticos**
- 6. Laterales**
  - 6.1. Alzados de las fachadas laterales**
  - 6.2. Detalles de las uniones fachadas laterales**
  - 6.3. Detalles de las placas de anclaje**
- 7. Cubierta**
- 8. Cerramientos de las fachadas frontales**
- 9. Cerramientos de las fachadas laterales**
- 10. Cerramientos de cubierta**

## Parcela elegida 82517.08



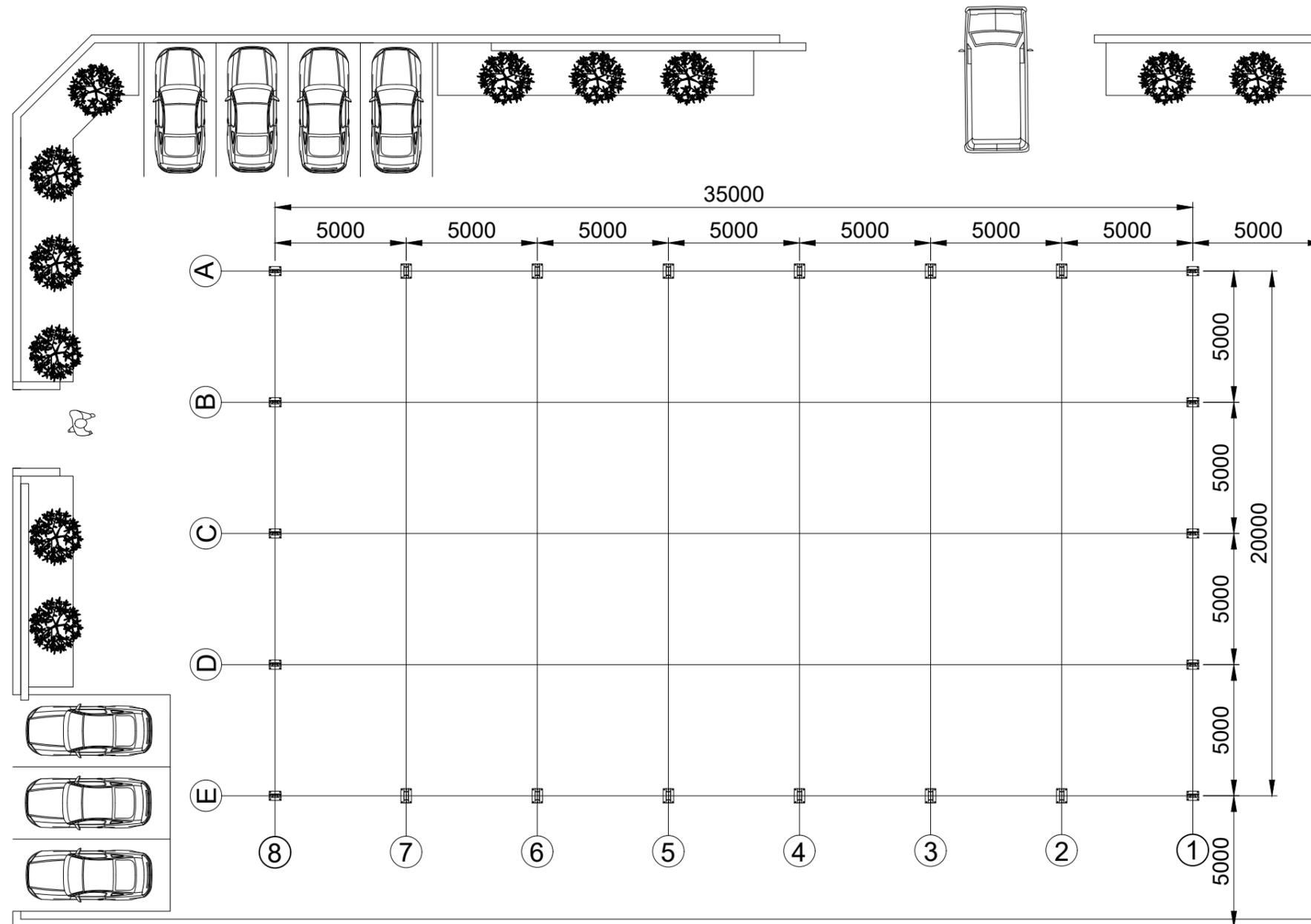
Polígono industrial Cogullada





CALLE ALEJANDRO VOLTA

CALLE ALEJANDRO BELL



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 700 m<sup>2</sup> SITUADO EN COGULLADA (ZARAGOZA)

Plano: Replanteo

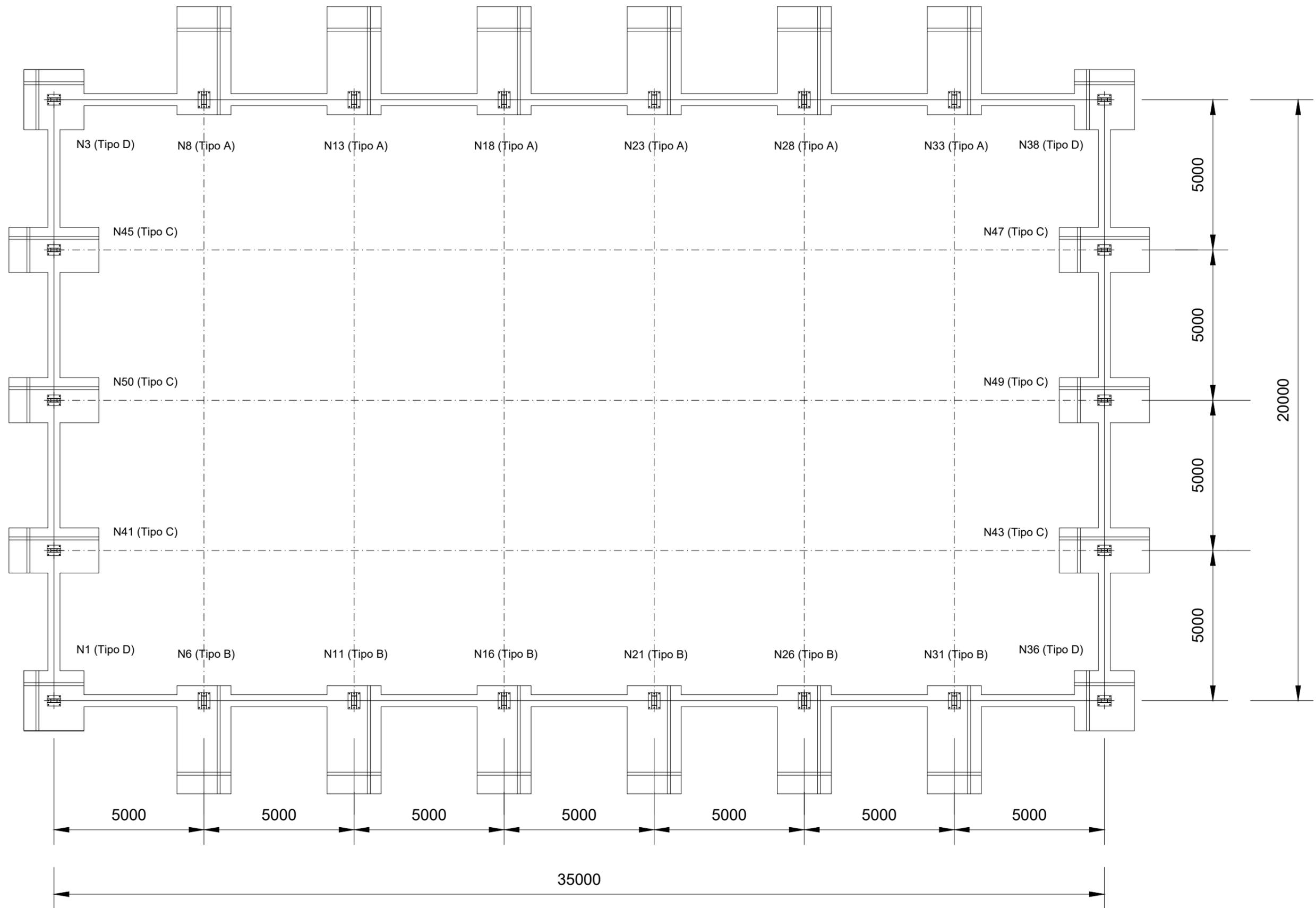
Autor: Javier Ibáñez Ferrer

Fecha: Septiembre 2021

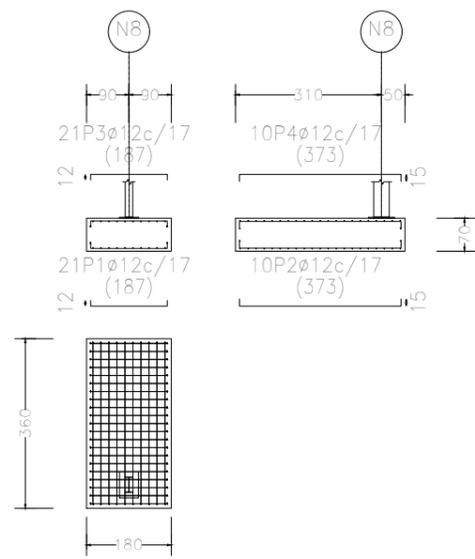
Escala: 1:200

Nº Plano:

2

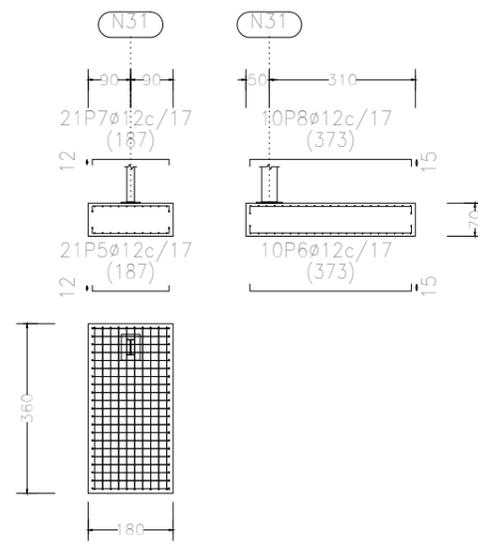


N8, N13, N18, N23, N28 y N33



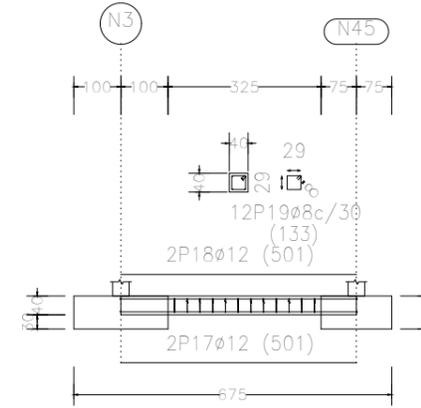
Tipo A

N31, N26, N21, N16, N11 y N6

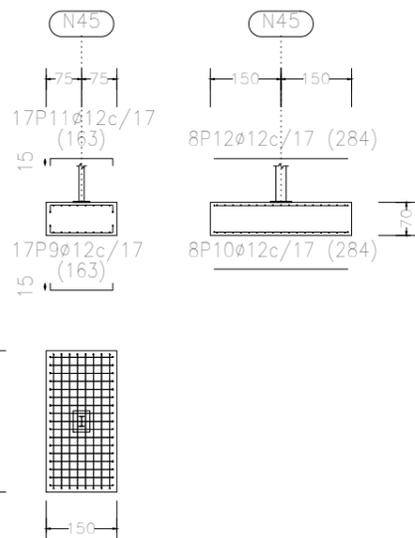


Tipo B

C [N3-N45], C [N45-N50], C [N50-N41], C [N41-N1],  
 C [N1-N6], C [N6-N11], C [N11-N16], C [N16-N21],  
 C [N21-N26], C [N26-N31], C [N31-N36], C [N36-N43],  
 C [N43-N49], C [N49-N47], C [N47-N38], C [N38-N33],  
 C [N33-N28], C [N28-N23], C [N23-N18], C [N18-N13],  
 C [N13-N8] y C [N8-N3]

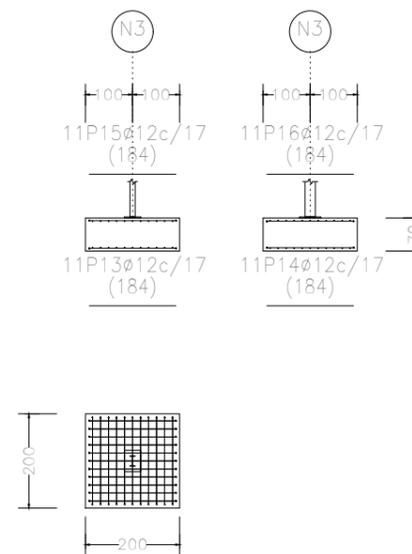


N45, N50, N41, N43, N49 y N47



Tipo C

N3, N1, N36 y N38



Tipo D

CUADRO DE VIGAS DE ATADO	
	C.1 Arm. sup.: 2ø12 Arm. inf.: 2ø12 Estribos: 1xø8c/30

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	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	
Zapatas	Normal	7	C15	Placa a base (B=15 cm)	20/40 mm	Normal	7	ES25	ES25
Vigas de atado	Normal	7	C15	Placa a base (B=15 cm)	20/40 mm	Normal	7	ES25	ES25
Especificación (Acciones)	Normal	7	C15	Adaptado a la Instrucción EHE					
Exposición/ambiente	Terrazo	Ver Instrucción EHE			1	100	100	100	100
Recubrimientos nominales (mm)	80	Ver Exposición/Ambiente			30	35	40	45	

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.

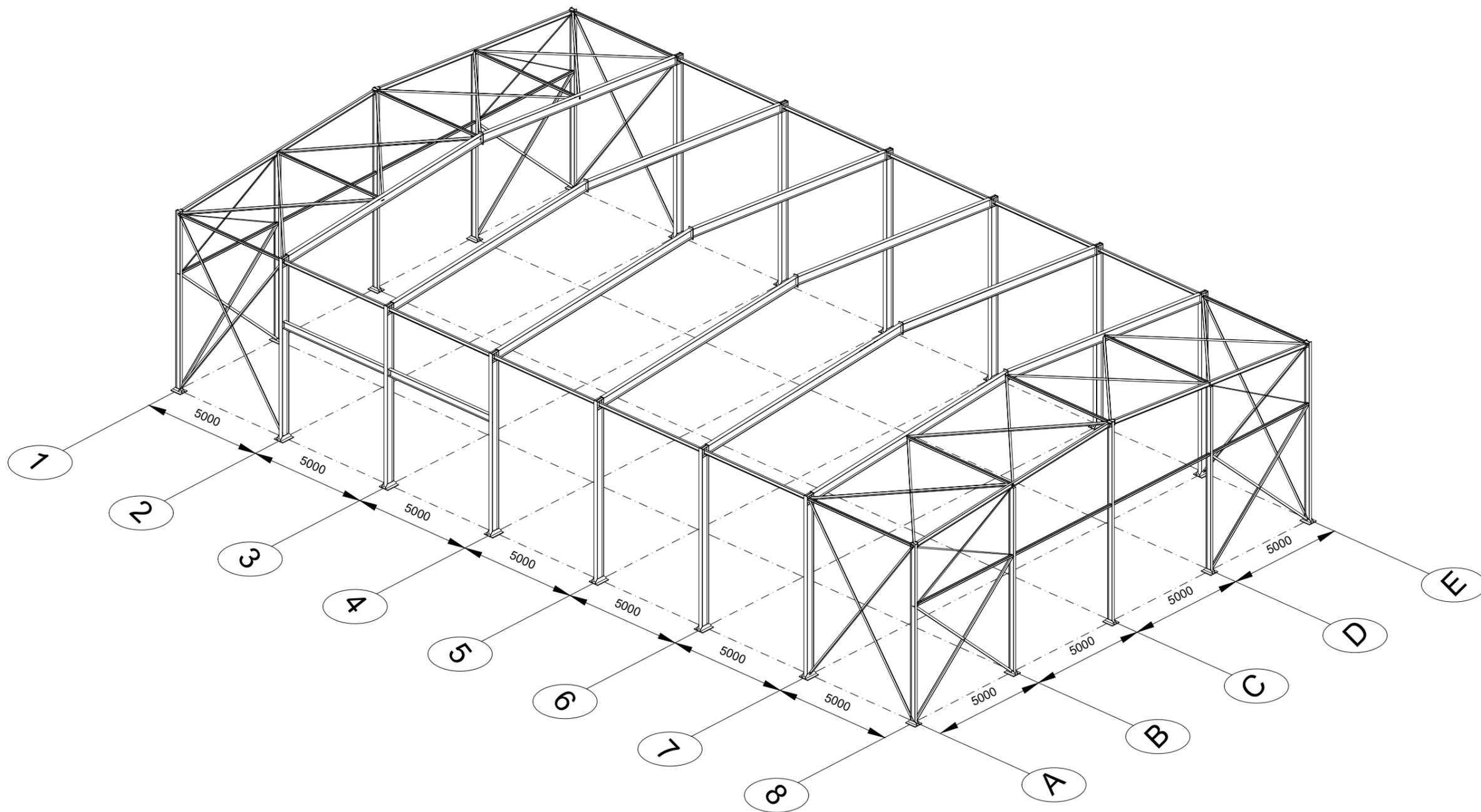
Datos geotécnicos	
Tensión admisible del terreno considerada = 0,20 MPa (2,00kg/cm <sup>2</sup> )	

Longitudes de solape en arranque de pilares. Lb				
Armadura	Sin acciones dinámicas		Con acciones dinámicas	
	B 400 s	B 500 s	B 400 s	B 500 s
ø12	25 cm	30 cm	40 cm	50 cm
ø14	40 cm	45 cm	50 cm	60 cm
ø16	45 cm	50 cm	60 cm	70 cm
ø20	60 cm	65 cm	80 cm	100 cm
ø25	80 cm	100 cm	110 cm	130 cm

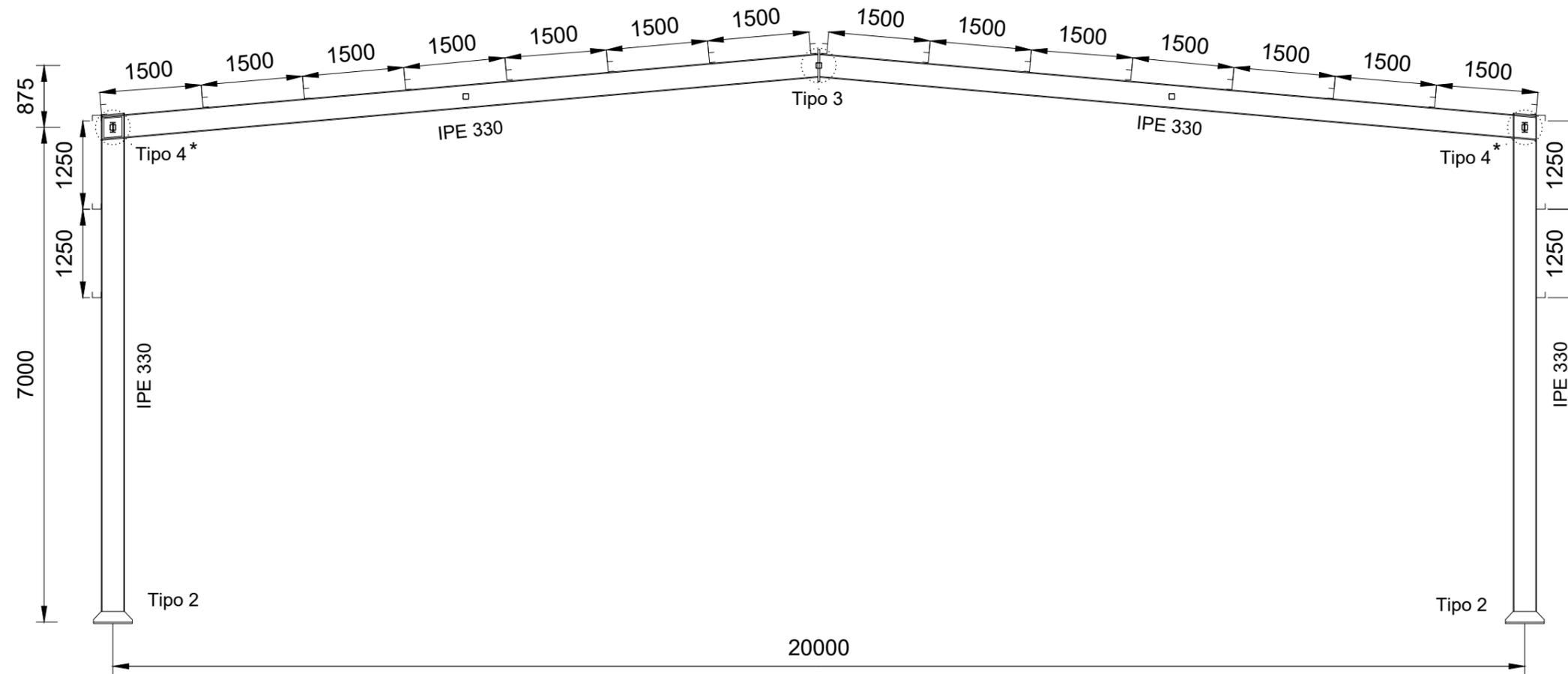
Nota: Válido para hormigón Fck > 25 N/mm<sup>2</sup> y Fyk > 30 N/mm<sup>2</sup> para los recubrimientos nominales, de acuerdo a Art. 66 de la EHE

Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N8, N13, N18, N23, N28, N33, N31, N26, N21, N16, N11 y N6	6 Pernos ø 20	Placa base (400x550x22)
N45, N50, N41, N43, N49, N47, N3, N1, N36 y N38	6 Pernos ø 20	Placa base (350x450x22)

CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN						
Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y	Armado sup. X	Armado sup. Y
N1, N3, N36 y N38	200x200	70	11ø12c/17	11ø12c/17	11ø12c/17	11ø12c/17
N6, N11, N16, N21, N26 y N31	180x360	70	21ø12c/17	10ø12c/17	21ø12c/17	10ø12c/17
N8, N13, N18, N23, N28 y N33	180x360	70	21ø12c/17	10ø12c/17	21ø12c/17	10ø12c/17
N41, N43, N45, N47, N49 y N50	150x300	70	17ø12c/17	8ø12c/17	17ø12c/17	8ø12c/17



# Pórticos 2-3-4-5-6-7

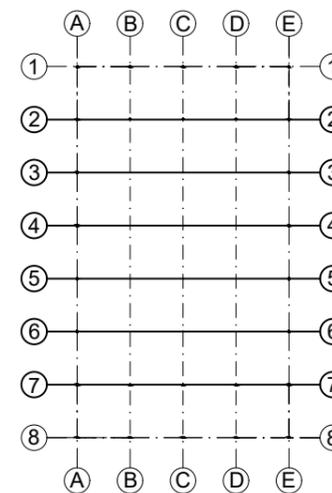


A2-A7

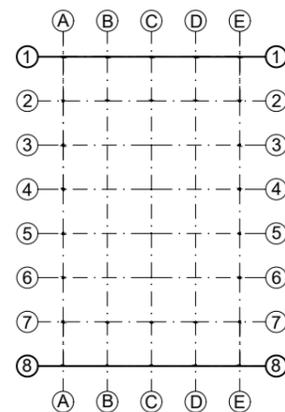
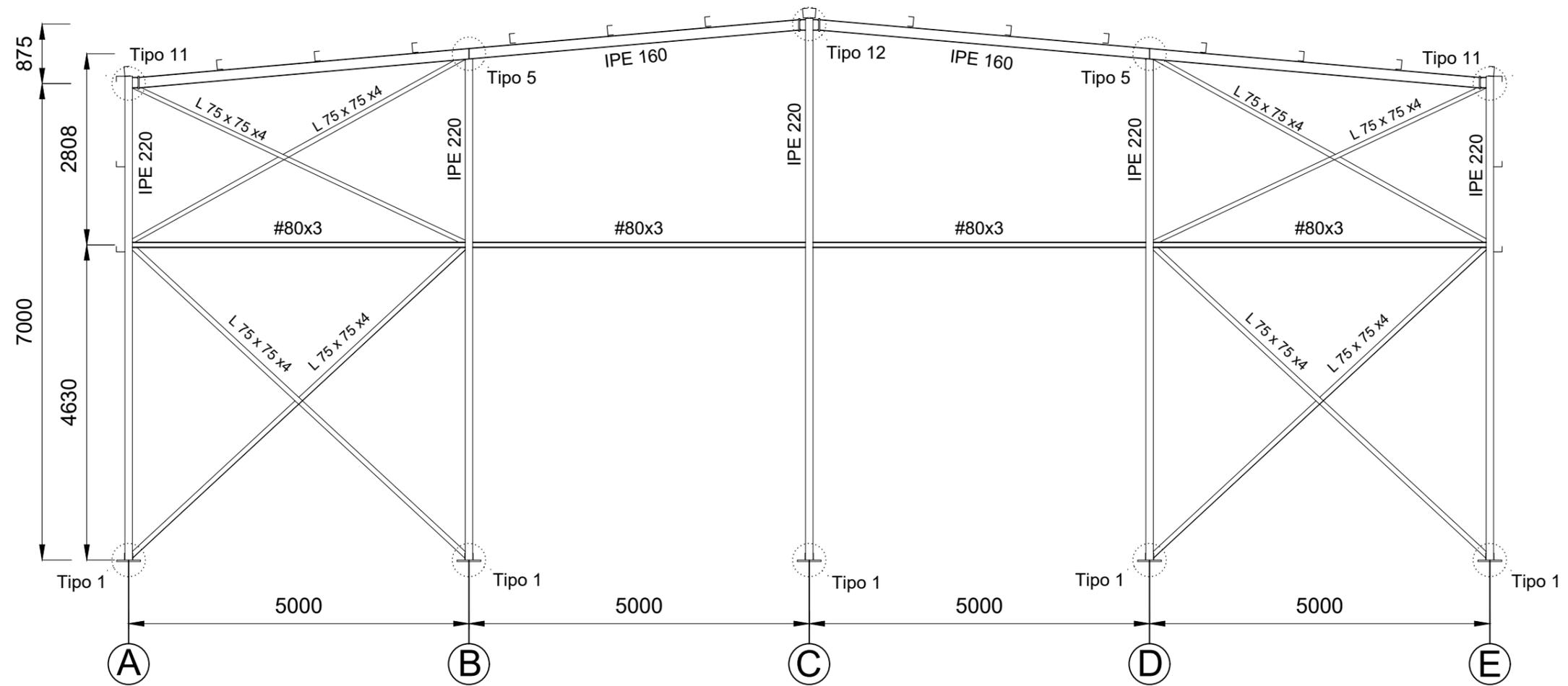
E2-E7

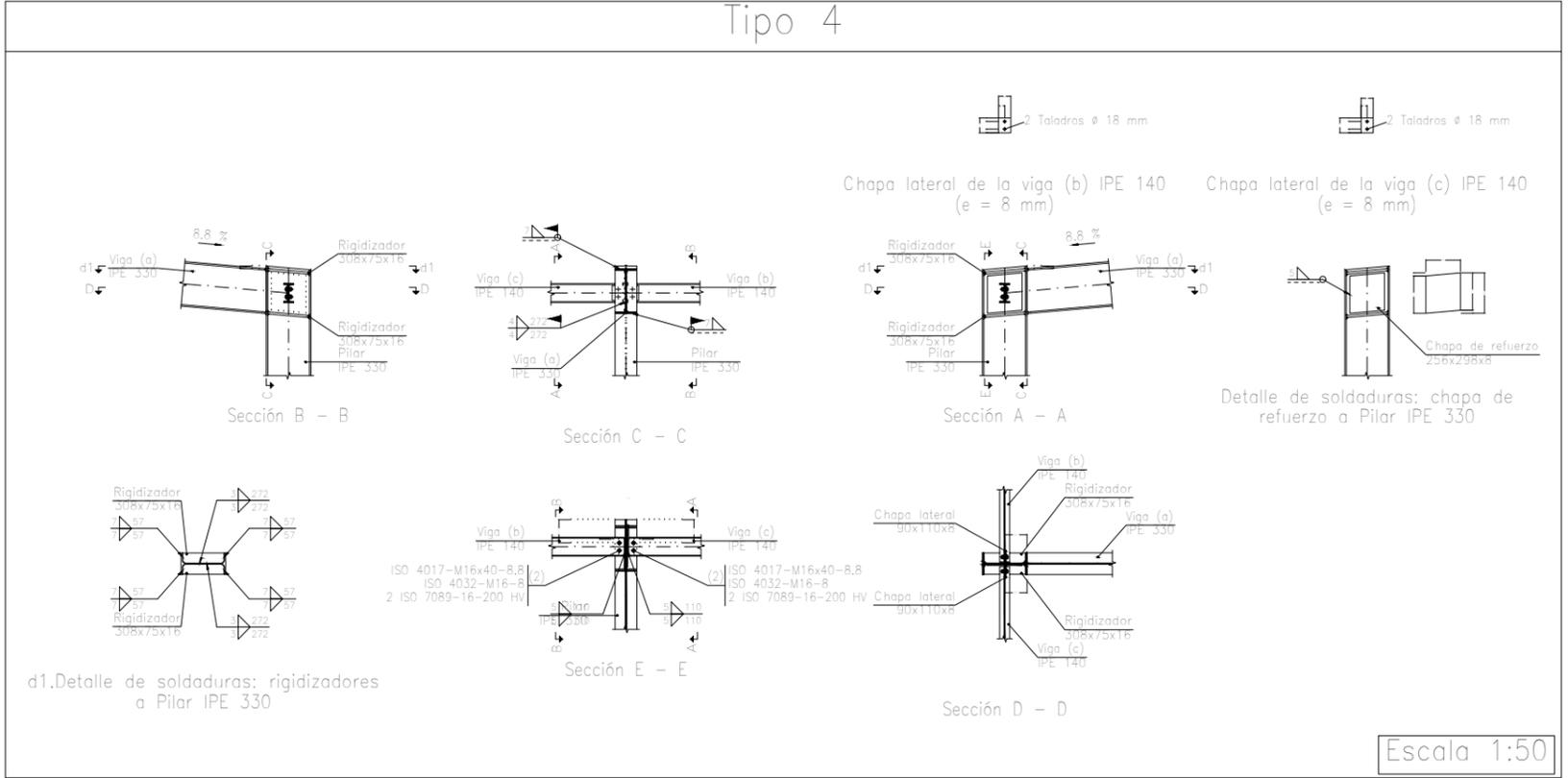
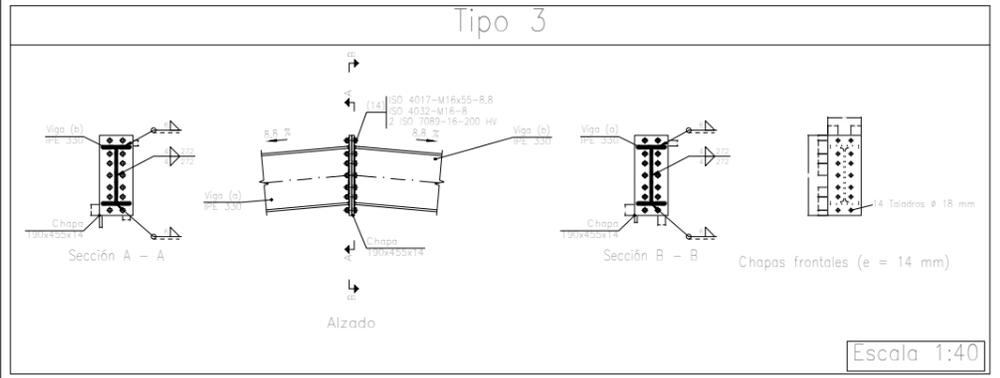
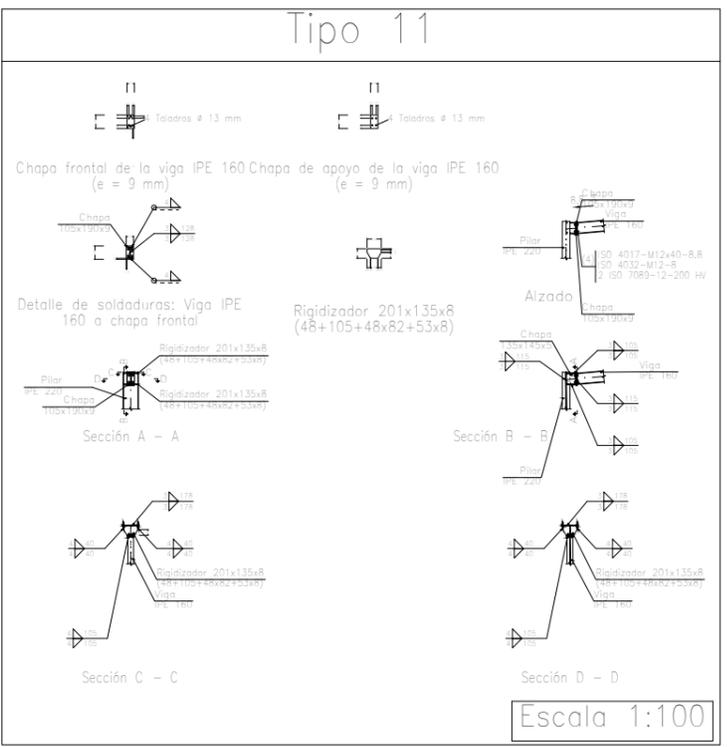
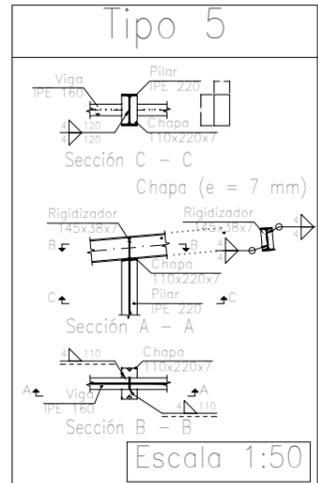
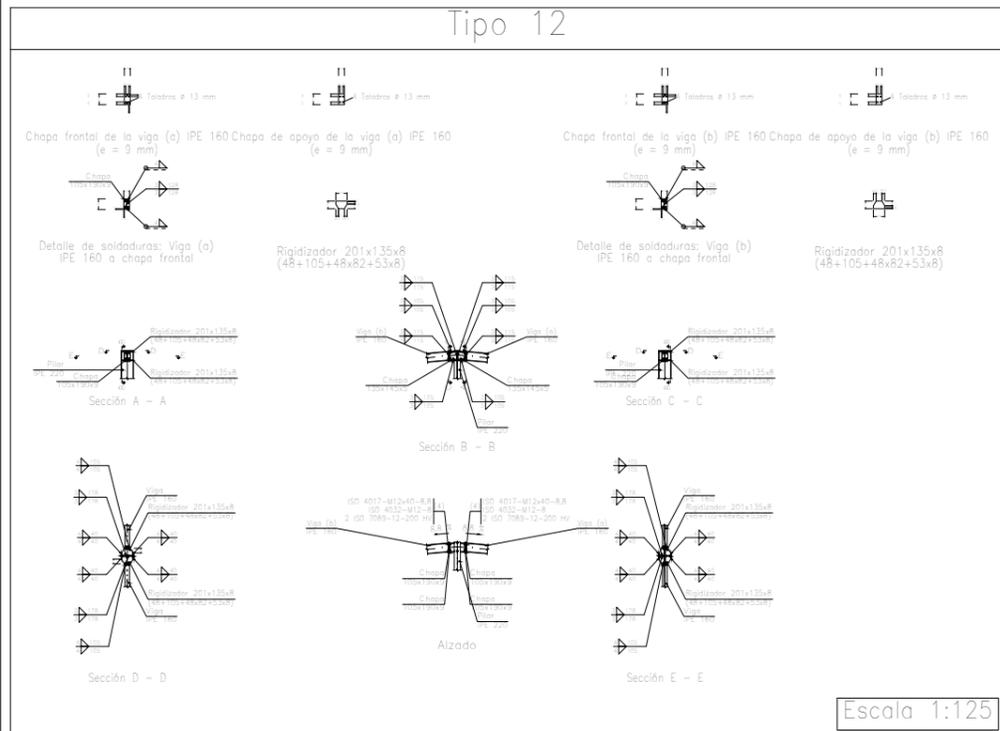
**Nota:**

- Para los pórticos 2 y 7 las uniones entre vigas y pilares cambian de tipo 4 a tipo 9 (explicados en el plano 8)
- Correas laterales CF 180X2.5
- Correas cubierta CF 120X2.5

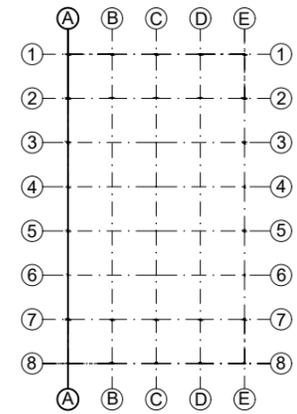
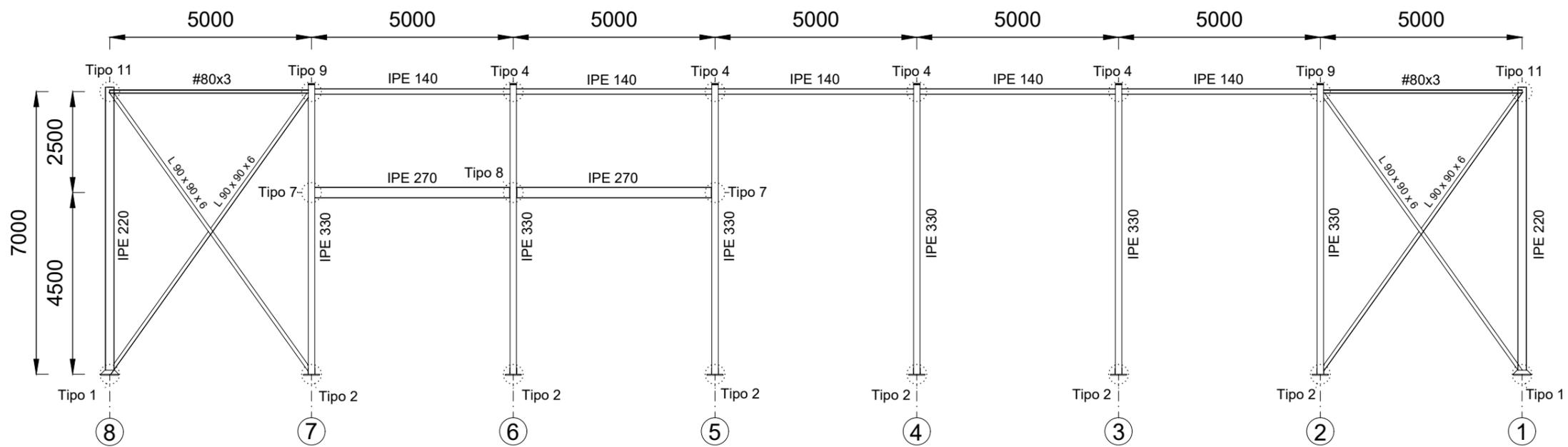


# Pórticos 1 y 8

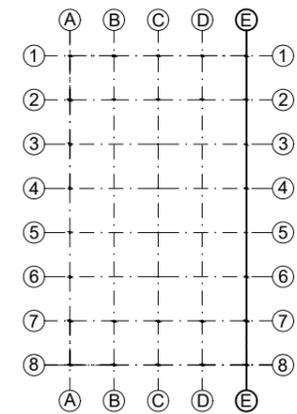
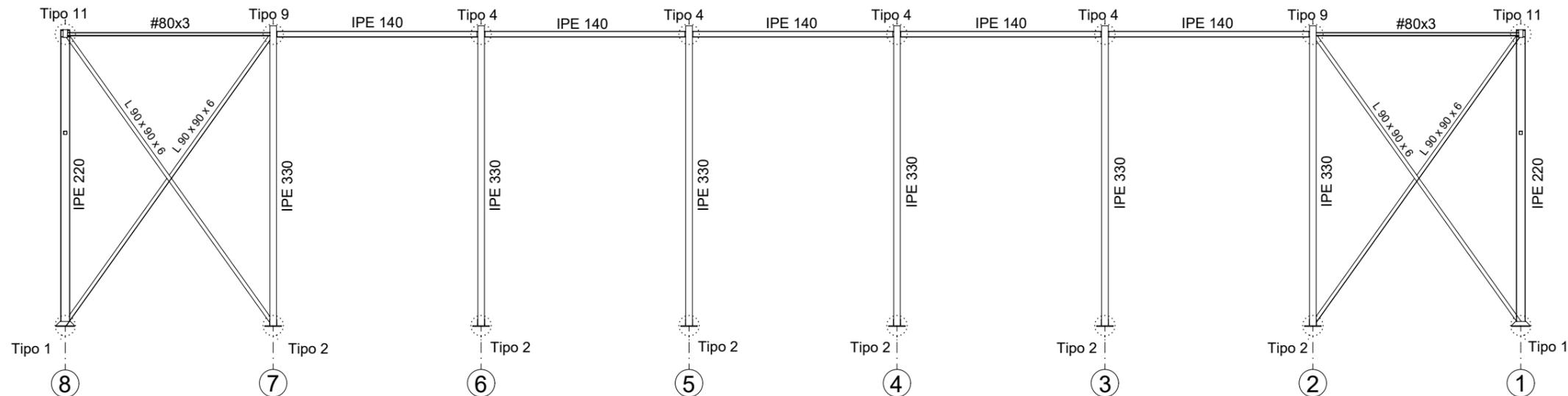


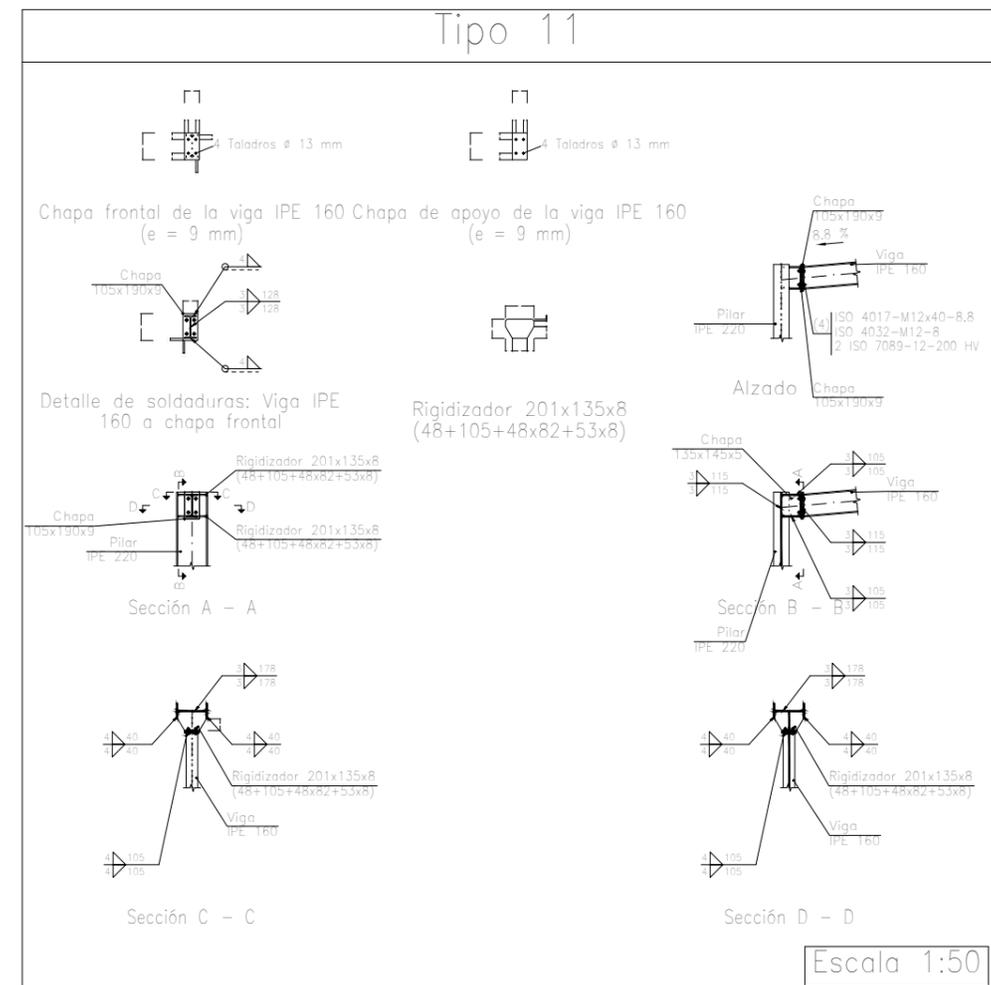
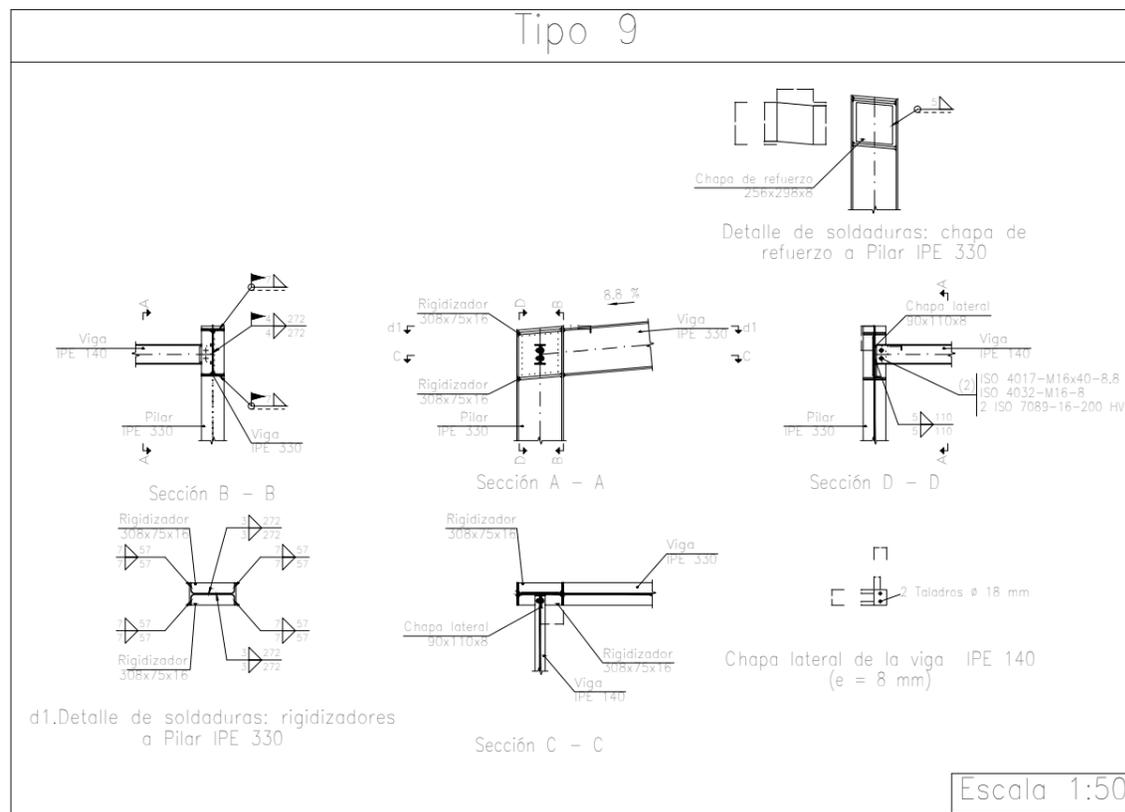
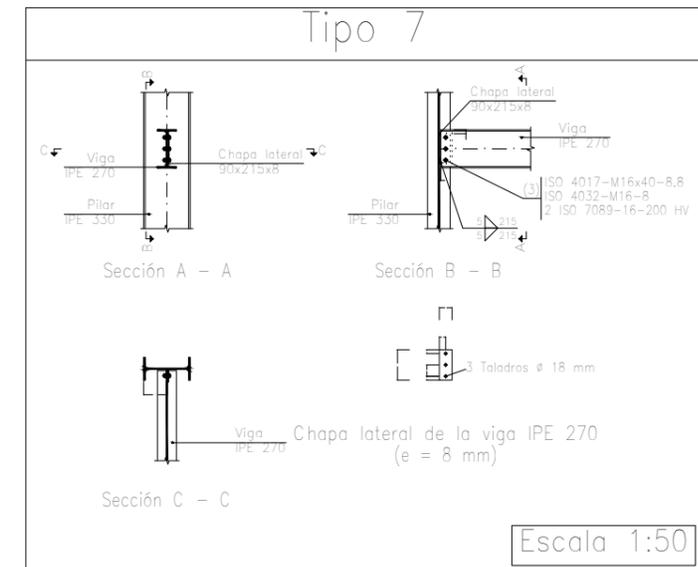
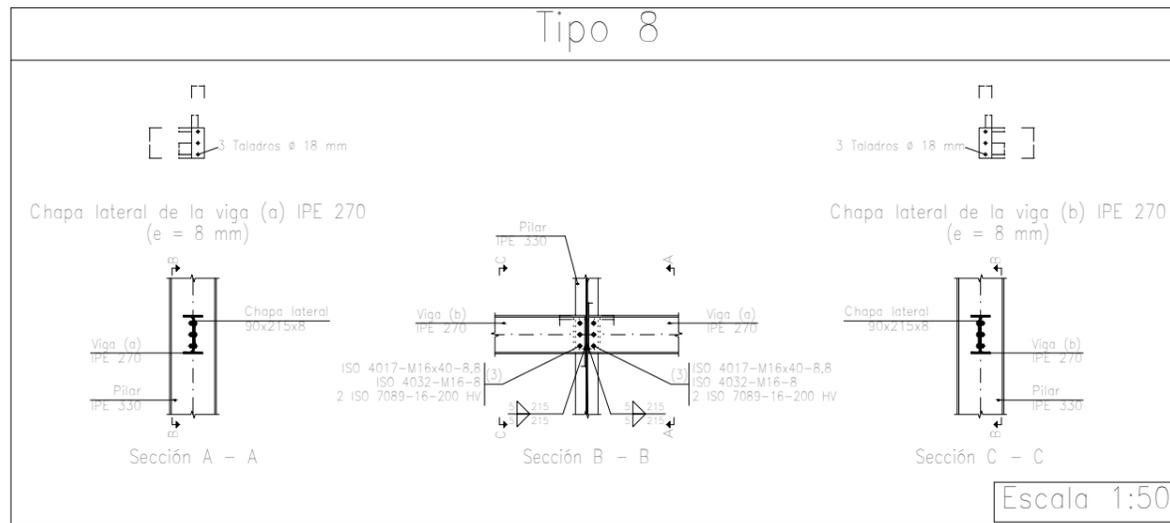


### 2D: Alineación A

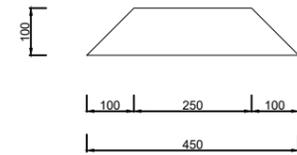


### 2D: Alineación E

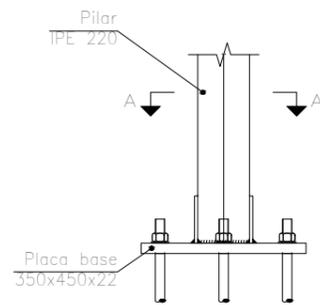




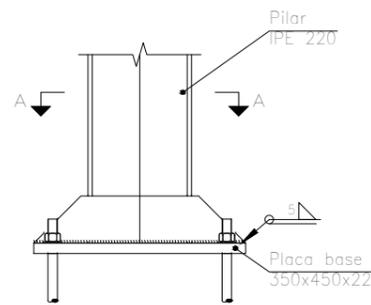
### Tipo 1



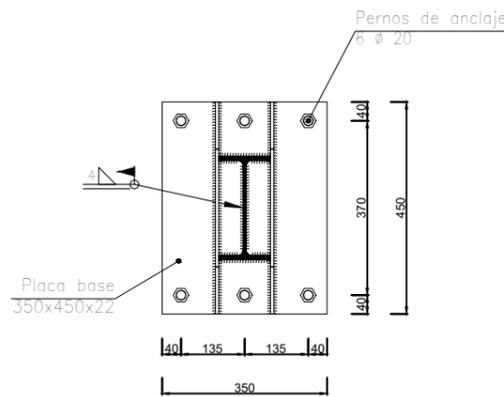
Rigidizadores y - y (e = 7 mm)



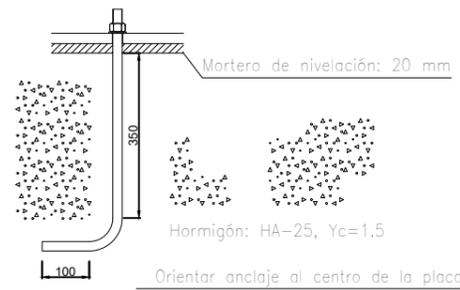
Alzado



Vista lateral



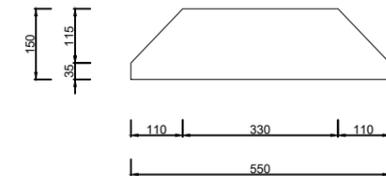
Sección A - A



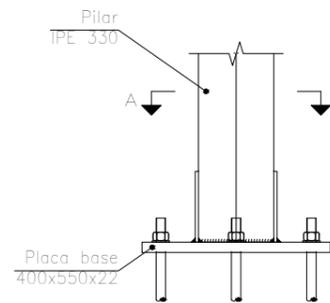
Anclaje de los pernos  $\varnothing 20$ , B 500 S,  $Y_s = 1.15$  (corrugado)

Escala 1:15

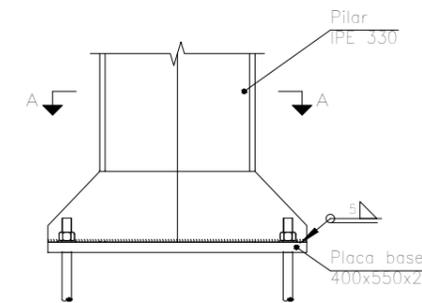
### Tipo 2



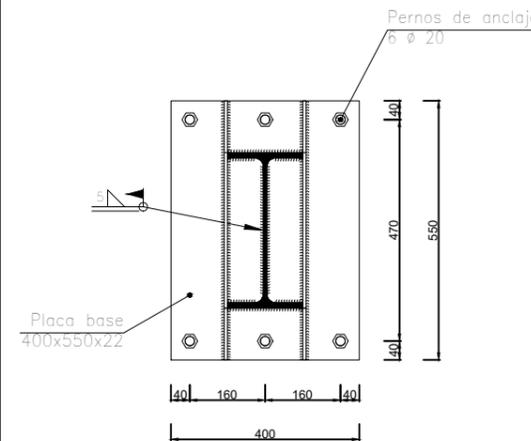
Rigidizadores y - y (e = 7 mm)



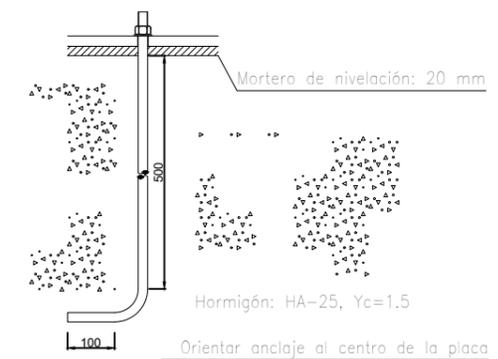
Alzado



Vista lateral



Sección A - A

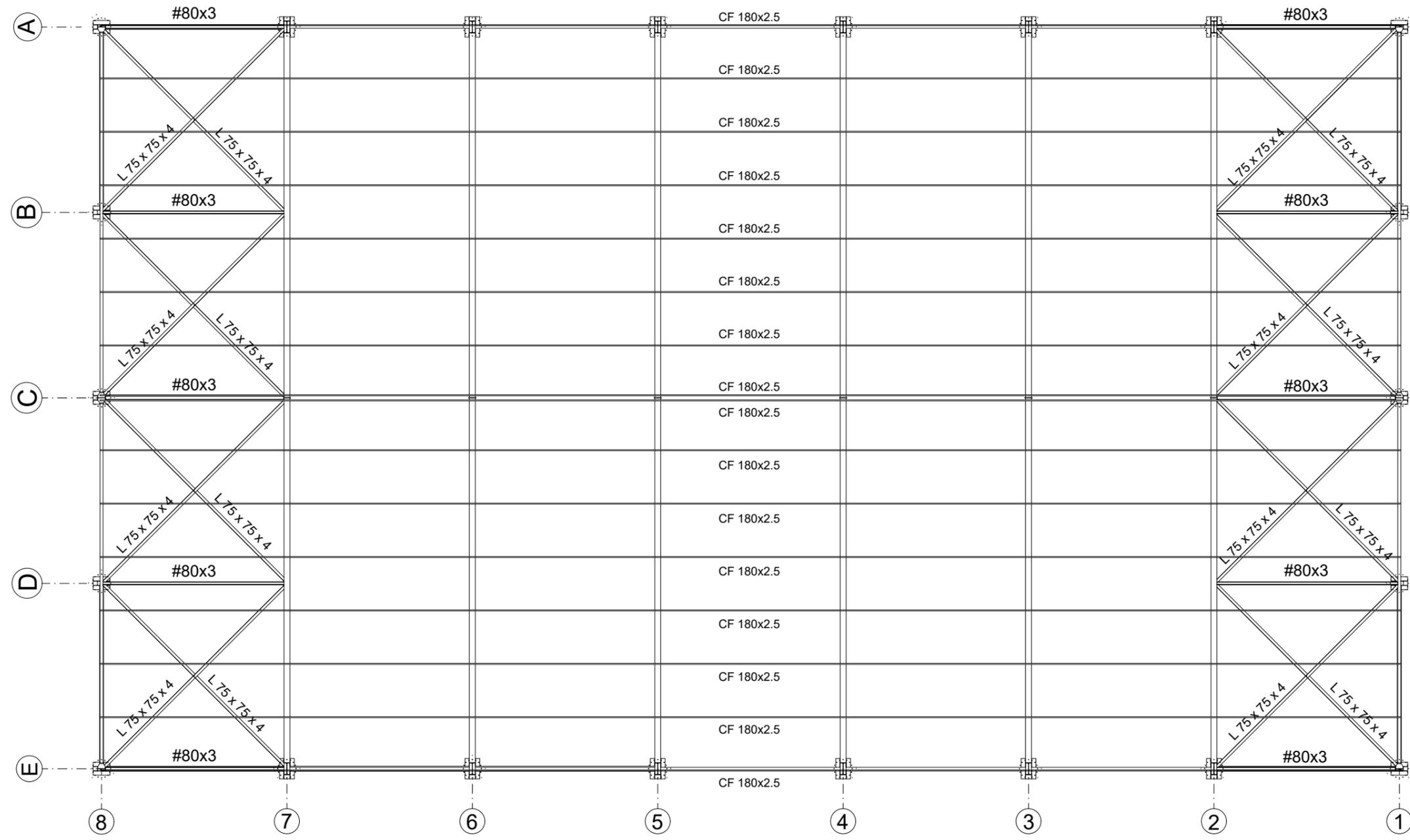


Anclaje de los pernos  $\varnothing 20$ , B 500 S,  $Y_s = 1.15$  (corrugado)

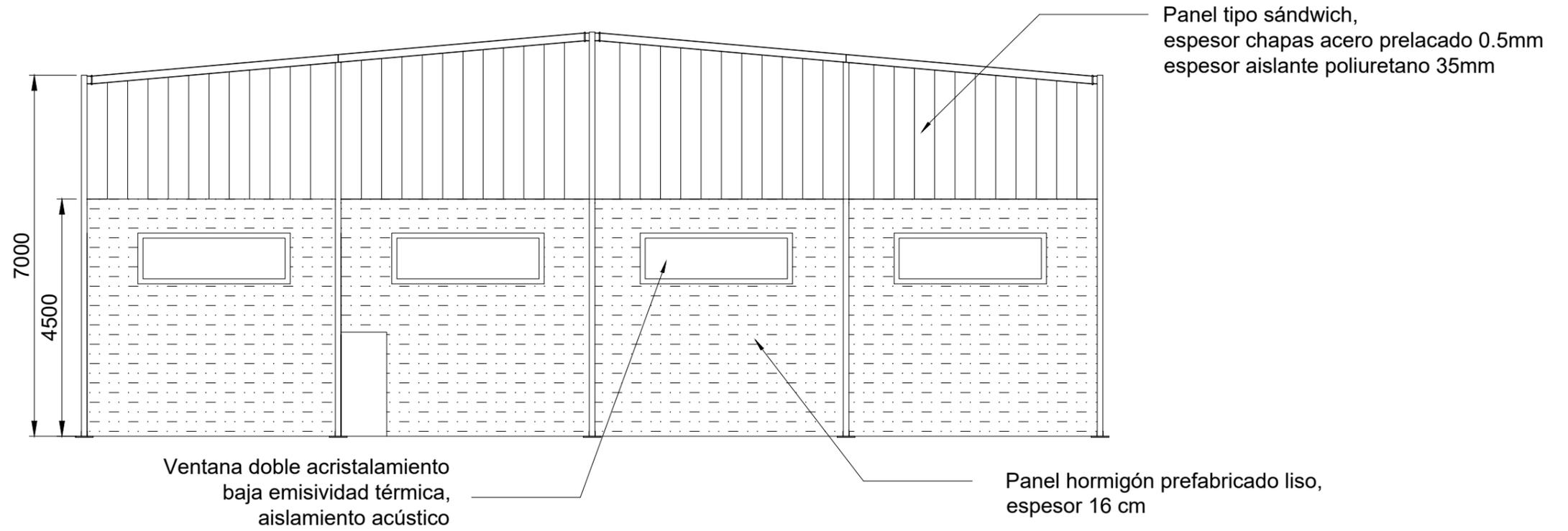
Escala 1:15

Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N8, N13, N18, N23, N28, N33, N31, N26, N21, N16, N11 y N6	6 Pernos $\varnothing 20$	Placa base (400x550x22)
N45, N50, N41, N43, N49, N47, N3, N1, N36 y N38	6 Pernos $\varnothing 20$	Placa base (350x450x22)

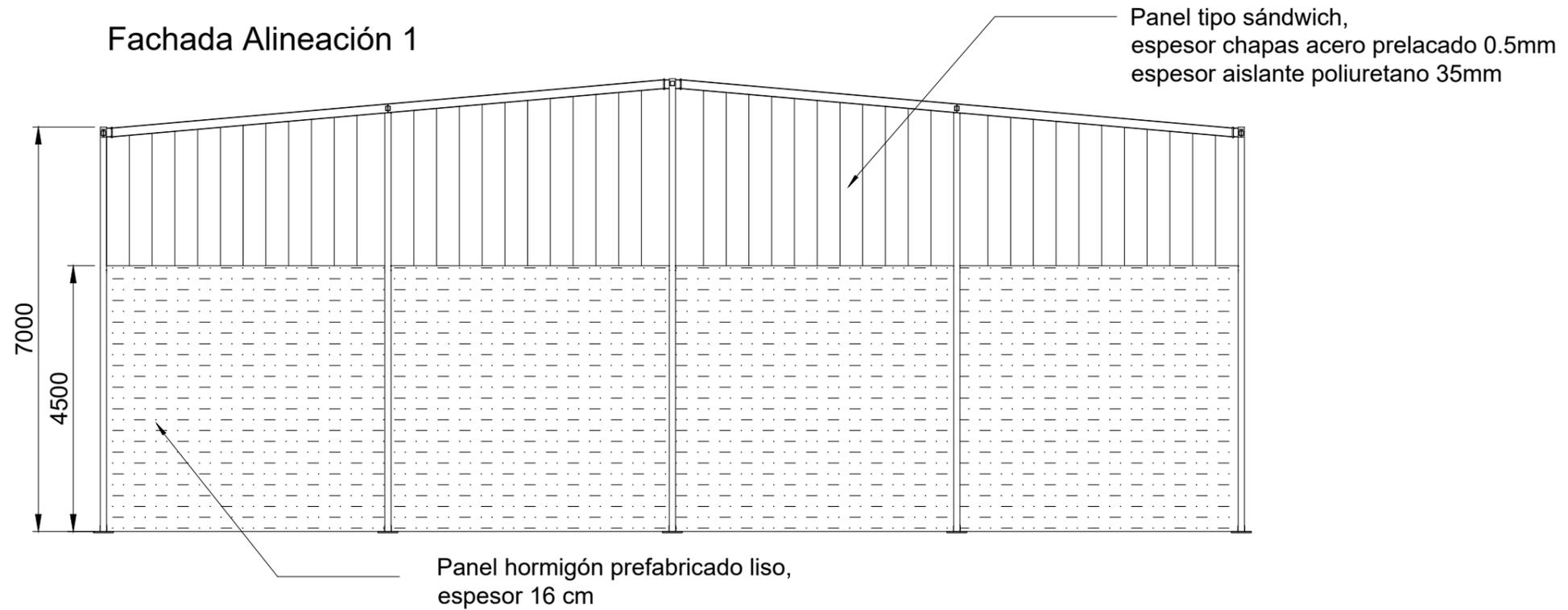
# Cubierta

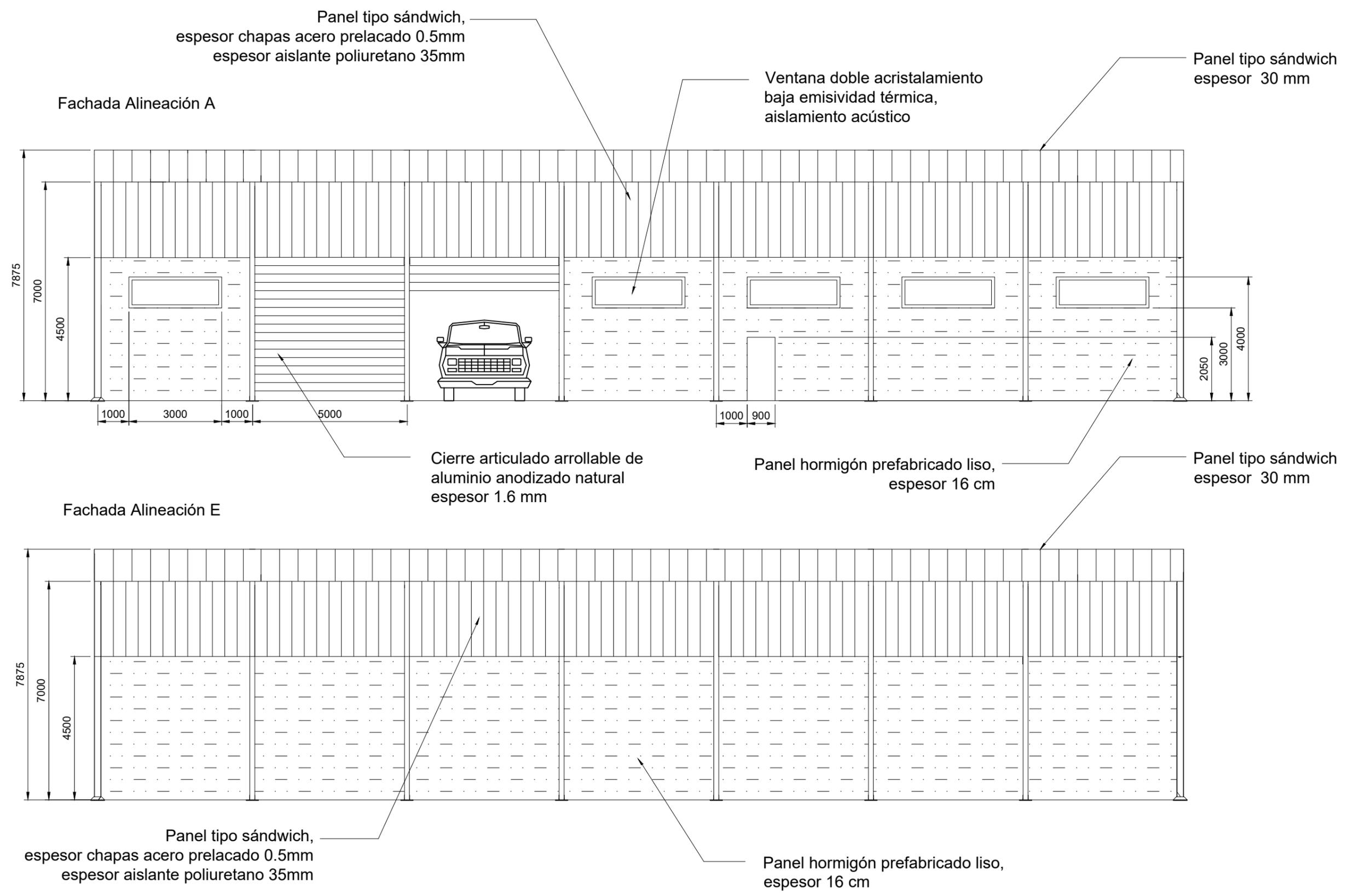


### Fachada Alineación 8



### Fachada Alineación 1





Panel tipo sándwich,  
 espesor chapas acero prelacado 0.5mm  
 espesor aislante poliuretano 35mm

Ventana doble acristalamiento  
 baja emisividad térmica,  
 aislamiento acústico

Panel tipo sándwich  
 espesor 30 mm

Fachada Alineación A

Cierre articulado arrollable de  
 aluminio anodizado natural  
 espesor 1.6 mm

Panel hormigón prefabricado liso,  
 espesor 16 cm

Panel tipo sándwich  
 espesor 30 mm

Fachada Alineación E

Panel tipo sándwich,  
 espesor chapas acero prelacado 0.5mm  
 espesor aislante poliuretano 35mm

Panel hormigón prefabricado liso,  
 espesor 16 cm

