

**UNIVERSITAT  
JAUME·I**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN**

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE BALDOSAS  
CERÁMICAS, CON PUENTE GRÚA Y EJECUTADA  
CON ESTRUCTURA METÁLICA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE LA VALL D'UIXÓ**

**AUTOR:** BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO

**TUTOR:** DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO

DICIEMBRE 2015



## RESUMEN

En primer lugar se ha elegido un solar virtual en el polígono industrial La Mezquita ubicado en el municipio de La Vall d'Uixó para la ejecución de una nave industrial destinada a la fabricación de baldosas cerámicas, con puente grúa y ejecutada con estructura metálica.

Este trabajo pretende ajustarse, en la medida de lo posible, a un proyecto real de estas características, para ello se realizará una elección y diseño basándose en el espacio y/o necesidades que requiere el proceso de fabricación de baldosas cerámicas. Para poder conseguir los objetivos se realizará una recopilación de la suficiente información, ideas, distintos proyectos ya ejecutados, etc.,

En el presente proyecto se ha realizado el diseño y cálculo estructural de una nave industrial conforme al Código Técnico de la Edificación y a la Instrucción de Hormigón Estructural. Para ello se ha utilizado el paquete de software CYPE 2016.d de CYPE Ingenieros S.A. Los cálculos abarcan desde la cubierta pasando por los pilares y llegando hasta la cimentación del edificio. Los resultados e informes generados por el programa se pueden consultar en los apartados correspondientes a planos y anexos del proyecto.

La estructura además ha sido calculada según la normativa para el cumplimiento en materia de protección contra incendios.

La edificación proyectada presenta estructura metálica porticada. Los pórticos de la nave son a dos aguas y se materializan a base de pilares y vigas de perfiles de acero laminado.

La nave será utilizada para la fabricación así como también el posterior almacenamiento de baldosas cerámicas, dividiendo el espacio en sectores según su uso y/o finalidad. Los depósitos y silos de materias primas han sido ubicados en el exterior del edificio.

Se tienen en cuenta las condiciones facultativas, económico-administrativas y técnicas de la ejecución de las obras descritas en el pliego de condiciones.

Se ha realizado un presupuesto organizado por capítulos, junto con las correspondientes mediciones de los diferentes elementos que componen la obra.



## **CAPÍTULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>21</b>
1.1. Motivación para la elección del proyecto .....	21
1.2. Objeto y alcance del proyecto.....	21
1.3. Identificación del proyecto.....	22
1.3.1.Actividad a realizar .....	22
1.3.2.Clasificación de la actividad.....	22
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES .....</b>	<b>23</b>
2.1. Descripción general .....	23
2.1.1.Introducción .....	23
2.1.2.Zona de producción principal.....	24
2.1.3.Zona de almacenamiento.....	24
2.1.4.Zona de oficinas y laboratorios .....	24
2.1.5.Zona de almacenamiento en depósitos .....	24
2.2. Puente grúa .....	24
<b>3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS.....</b>	<b>26</b>
3.1. Preparación de las materias primas .....	27
3.2. Molturación por vía seca o por vía húmeda .....	27
3.3. Molturación por vía húmeda y secado de la composición por atomización .....	27
3.4. Amasado .....	30

3.5. Conformación de las piezas.....	30
3.5.1.Prensado en seco .....	30
3.5.2.Extrusión.....	31
3.6. Secado de las piezas conformadas.....	31
3.7. Cocción o cocciones, con o sin esmaltado .....	32
3.8. Esmaltado .....	33
3.8.1.Esmaltes y fritas .....	33
3.8.1.1. Fritas: Naturaleza, ventajas, composición y fabricación .....	34
3.9. Esmaltes: Preparación y aplicación. Decoración.....	37
3.10.Cocción de las piezas.....	38
3.10.1. Cocción única, monococción y bicocción .....	39
3.10.2. Cocción rápida.....	39
3.11.Tratamientos adicionales .....	41
3.12.Calificación y embalado.....	41
<b>4. MEMORIA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO .....</b>	<b>42</b>
4.1. Movimiento de tierras.....	42
4.2. Cimentación.....	43
4.3. Estructura .....	44
4.4. Cerramientos.....	44
4.5. Cubierta .....	45
4.6. Red de saneamiento horizontal .....	45
4.7. Pinturas.....	45
4.8. Carpintería metálica .....	45

## **CAPÍTULO 2: CÁLCULOS**

<b>5. OBJETIVOS.....</b>	<b>49</b>
<b>6. PRE-DIMENSIONAMIENTO .....</b>	<b>49</b>
<b>7. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN.....</b>	<b>53</b>
7.1. Introducción .....	53
7.2. Acciones.....	53
7.3. Acciones permanentes .....	53
7.4. Acciones variables .....	55
7.4.1.1. Sobrecarga de uso.....	55
7.4.1.2. Sobrecarga de uso de la cubierta .....	55
7.4.1.3. Sobrecarga de uso del puente grúa.....	57
7.4.2. Nieve .....	63
7.4.3. Viento.....	65
7.4.3.1. Viento exterior.....	65
7.4.3.2. Viento interior .....	75
7.4.4. Acciones térmicas .....	78
<b>8. ESTRUCTURA .....</b>	<b>79</b>
8.1. Pilares .....	80
8.2. Cerchas .....	80
8.3. Cubiertas y correas.....	81
8.4. Arriostramientos .....	81
8.5. Cerramientos laterales .....	81
8.6. Placas de anclaje .....	82

<b>9. CIMENTACIONES.....</b>	<b>82</b>
9.1. Zapatas .....	82
9.2. Vigas de atado y vigas centradoras .....	83

### **CAPÍTULO 3: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**

<b>10. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.....</b>	<b>87</b>
10.1.Ámbito de aplicación.....	87
10.2.Inspecciones periódicas.....	88
10.2.1. Periodicidad .....	88
10.3.Actuación en caso de incendio.....	89
10.3.1. Comunicación de incendios .....	89
10.3.2. Investigación de incendios.....	89
10.4.Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios .....	90
10.4.1. Establecimiento .....	90
10.4.2. Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación en relación con su entorno .....	90
10.4.3. Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.....	93
10.5.Sectorización de los establecimientos industriales.....	99
10.6.Materiales.....	100
10.7.Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes. ....	100
10.8.Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento. ....	102
10.9.Evacuación de los establecimientos industriales.....	103
10.9.1. Origen de la evacuación .....	104
10.9.2. Recorrido de evacuación .....	104
10.9.3. Recorridos de evacuación alternativos .....	105
10.9.4. Espacio seguro exterior .....	105

10.9.5. Salida del edificio .....	106
10.9.6. Número y disposición de salidas .....	106
10.10. Dimensionado de los medios de evacuación.....	107
10.10.1. Criterios para la asignación de los ocupantes .....	107
10.10.2. Cálculo .....	107
10.11. Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión .....	109
10.12. Almacenamientos .....	109
10.13. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios .....	111
10.13.1. Sistemas automáticos de detección de incendios .....	111
10.13.2. Sistemas manuales de alarma de incendio .....	113
10.13.3. Sistemas de hidrantes exteriores .....	114
10.13.4. Extintores de incendio .....	115
10.13.5. Sistemas de boca de incendio equipadas.....	116
10.13.6. Sistemas de columna seca .....	116
10.13.7. Sistemas de rociadores automáticos de agua .....	116
10.13.8. Sistema de alumbrado de emergencia.....	116

## **CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO**

<b>11. CÁLCULO DEL COSTE ECONÓMICO .....</b>	<b>121</b>
11.1. Acondicionamiento del terreno.....	121
11.2. Cimentaciones.....	121
11.3. Estructuras .....	124
11.4. Puente grúa.....	127
11.5. Cubierta y cerramientos .....	128
11.6. Pinturas .....	130
11.7. Carpintería .....	130
11.8. Instalaciones e incendios .....	131
11.9. Presupuesto total.....	133

## **CAPÍTULO 5: ANEXOS**

### **ANEXO I**

<b>12. INFORMES DE RESULTADOS .....</b>	<b>137</b>
12.1. Datos generales de la obra e hipótesis consideradas.....	137
12.2. Comprobaciones de las correas.....	141
12.3. Comprobaciones E.L.U .....	147
12.3.1. Comprobaciones E.L.U pilares .....	147
12.3.2. Comprobaciones E.L.U de las cerchas .....	161
12.4. Comprobaciones de las placas de anclaje .....	175
12.5. Comprobaciones de las cimentaciones .....	180
12.5.1. Comprobaciones de las vigas de atado y centradoras .....	180
12.5.2. Comprobaciones de las zapatas.....	182
12.6. Resúmenes de las mediciones .....	185

### **ANEXO II**

<b>13. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>187</b>
13.1. Objetivo, utilidad y riesgos no previstos.....	187
13.2. Normativa .....	187
13.3. Descripción de las obras y características.....	187
13.4. Definición de los riesgos y las medidas de prevención.....	189
13.4.1. Protecciones .....	189
13.4.1.1. Protecciones individuales.....	189
13.4.1.2. Protecciones colectivas .....	190
13.4.2. Riesgos que pueden ser evitados .....	190

13.4.2.1.	Peligros de electrocución .....	190
13.4.2.2.	Caídas de altura por los agujeros de la construcción .....	190
13.4.2.3.	Caídas del mismo nivel debido a los escombros.....	190
13.4.2.4.	Caídas de objetos o interferencias peligrosas cuando intervengan varios subcontratistas .....	191
13.4.2.5.	Golpes y caídas motivadas por la oscuridad .....	191
13.5.	Riesgos para cada fase y medidas básicas de seguridad a emplear.....	191
13.5.1.	Movimiento de tierras (nivelación, zanjas y zapatas para cimientos y alcantarillado) .....	192
13.5.1.1.	Riesgos más frecuentes.....	192
13.5.1.2.	Normas básicas de seguridad.....	192
13.5.1.3.	Protecciones personales .....	192
13.5.1.4.	Protecciones colectivas .....	193
13.5.2.	Construcción de cimientos (montaje de las armaduras y vertidos del hormigón en las zanjas y los pozos directamente desde el camión)...	193
13.5.2.1.	Riesgos más frecuentes .....	193
13.5.2.2.	Normas básicas de seguridad .....	193
13.5.2.3.	Protecciones personales y colectivas .....	193
13.5.3.	Montaje de la estructura y cierres del edificio .....	194
13.5.3.1.	Proceso .....	194
13.5.3.2.	Riesgos más frecuentes .....	194
13.5.3.3.	Normas básicas de seguridad .....	194
13.5.3.4.	Protecciones personales y colectivas .....	195
13.5.4.	Montaje de la cubierta .....	195
13.5.4.1.	Proceso .....	195
13.5.4.2.	Riesgos más frecuentes.....	195
13.5.4.3.	Normas básicas de seguridad.....	195
13.5.4.4.	Protecciones personales y colectivas.....	196
13.5.5.	Pavimentación .....	196
13.5.5.1.	Programa de obras .....	196
13.5.5.2.	Riesgos más frecuentes.....	196

13.5.5.3. Normas básicas de seguridad.....	196
13.5.5.4. Protecciones personales .....	197
13.5.6. Formación de cierres exteriores e interiores .....	197
13.5.6.1. Riesgos más frecuentes.....	197
13.5.6.2. Normas básicas de seguridad.....	197
13.5.6.3. Protecciones personales y colectivas.....	198
13.5.7. Montaje de la instalación eléctrica .....	198
13.5.7.1. Riesgos más frecuentes.....	198
13.5.7.2. Normas básicas de seguridad.....	198
13.5.7.3. Protecciones personales y colectivas.....	199
13.5.8. Instalaciones de fontanería .....	199
13.5.8.1. Medidas de seguridad .....	199
13.5.9. Carpintería y cierres metálicos .....	199
13.5.9.1. Riesgos más frecuentes.....	199
13.5.9.2. Protecciones personales .....	199
13.5.9.3. Protecciones colectivas .....	200
13.5.10. Pinturas y barnices .....	200
13.5.10.1. Riesgos más frecuentes.....	200
13.5.10.2. Protecciones personales .....	200
<b>14. INFORMACIÓN.....</b>	<b>200</b>
<b>15. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS .....</b>	<b>201</b>
<b>16. PRESCRIPCIONES GENERALES DE SEGURIDAD.....</b>	<b>201</b>
<b>17. CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN .....</b>	<b>202</b>
<b>18. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....</b>	<b>202</b>

<b>19. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....</b>	<b>203</b>
19.1. Servicio técnico de seguridad y salud .....	203
19.2. Servicio médico .....	203

## **CAPÍTULO 6: PLIEGO DE CONDICIONES**

<b>1. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL.....</b>	<b>207</b>
1.1. Objeto del pliego de condiciones .....	207
1.2. Contrato de obra .....	207
1.3. Documentación del contrato de obra .....	207
1.4. Reglamentación urbanística .....	208
1.5. Formalización del contrato de obra .....	208
<b>2. CONDICIONES FACULTATIVAS .....</b>	<b>208</b>
2.1. Delimitación general de funciones técnicas.....	208
2.1.1. El ingeniero director .....	208
2.1.2. El ingeniero técnico.....	209
2.1.3. El constructor .....	210
2.2. Verificación de los documentos del proyecto.....	210
2.3. Plan de seguridad e higiene .....	211
2.4. Jurisdicción competente .....	211
2.5. Responsabilidad del contratista .....	211
2.6. Accidente de trabajo .....	211
2.7. Daños y perjuicios a terceros .....	212
2.8. Copia de documentos.....	212
2.9. Suministro de materiales .....	212
2.10. Causas de rescisión del contrato de obra .....	213

2.11.Oficina en la obra .....	214
2.12.Prescripciones relativas a los trabajos y a los materiales .....	214
2.12.1. Accesos y vallados .....	214
2.12.2. Replanteo.....	215
2.12.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos .....	215
2.12.4. Orden de los trabajos .....	215
2.12.5. Facilidades para otros contratistas.....	215
2.12.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor .....	216
2.12.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto.....	216
2.12.8. Prórroga por causa de fuerza mayor .....	217
2.12.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra .....	217
2.12.10. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	217
2.12.11. Trabajos defectuosos.....	217
2.12.12. Vicios ocultos .....	218
2.12.13. Procedencia de materiales, aparatos y equipos .....	218
2.12.14. Presentación de muestras .....	218
2.12.15. Materiales no utilizables.....	219
2.12.16. Materiales, aparatos y equipos defectuosos .....	219
2.12.17. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	219
2.12.18. Limpieza de las obras.....	220
2.12.19. Obras sin prescripciones.....	220



3.4.2. Obras por administración directa .....	228
3.4.3. Obras por administración delegada o indirecta.....	228
3.4.4. Liquidación por obras de administración.....	229
3.4.5. Abono al constructor de las cuentas de administración delegada .....	229
3.4.6. Responsabilidades del constructor .....	230
3.5. Valoración y abonos de los trabajos .....	230
3.5.1. Formas varias de abono de las obras.....	230
3.5.2. Relaciones valoradas y certificaciones.....	231
3.5.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas .....	231
3.5.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada .....	232
3.5.5. Abono de trabajos especiales no contratados.....	232
3.5.6. Abono de trabajos efectuados durante el plazo de garantía.....	233
3.5.7. Abono de agotamientos y otros trabajos.....	233
3.5.8. Pagos .....	233
3.6. Indemnizaciones mutuas.....	234
3.6.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.....	234
3.6.2. Demora de los pagos.....	234
3.7. Varios.....	234
3.7.1. Mejoras, aumentos y / o reducciones de obra .....	234
3.7.2. Unidades de obra defectuosas pero aceptables.....	235
3.7.3. Seguro de las obras .....	235
3.7.4. Conservación de la obra .....	236
3.7.5. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario .....	236
3.8. Retenciones en concepto de garantía.....	236
3.9. Plazos de ejecución: planning de obra .....	237
3.10. Liquidación económica de las obras .....	237
3.11. Liquidación final de la obra .....	238

<b>4. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES .....</b>	<b>238</b>
4.1. Condiciones generales.....	238
4.1.1. Calidad de los materiales .....	238
4.1.2. Pruebas y ensayos de materiales.....	238
4.1.3. Materiales no consignados en el proyecto.....	239
4.1.4. Condiciones generales de ejecución.....	239

## **CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

<b>I. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>243</b>
<b>II. PÁGINAS WEB CONSULTADAS .....</b>	<b>243</b>

## **CAPÍTULO 8: PLANOS**



# **CAPÍTULO 1**

## **MEMORIA DESCRIPTIVA**



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Motivación para la elección del proyecto

Desde que empecé a estudiar física en el instituto, los problemas de estática dentro del campo de la mecánica clásica han sido los que más interés despertaron en mi persona. Estos problemas son la base de un área de la ingeniería denominada cálculo y diseño estructural, la cual es la elegida para la realización de este proyecto.

La razón principal por la que lo elegí fue el desafío que conlleva el diseño de una estructura para ser adaptada a su entorno y a las posibles situaciones a las que puede estar sometida. Así entonces la seguridad de la misma está condicionada al trabajo y desarrollo que los ingenieros podemos aportar.

Dentro de las posibles estructuras que se pueden realizar, escogí una nave destinada a la fabricación de baldosas cerámicas porque son unas de las principales bases económicas en la zona donde he vivido, crecido y estudiado (Castellón).

### 1.2. Objeto y alcance del proyecto

El objeto del presente proyecto es el de diseñar una nave industrial destinada a la fabricación de baldosas cerámicas así como también toda su envolvente, es decir, cerramientos externos y cubierta. La parcela está ubicada virtualmente en el polígono industrial La Mezquita situado en la localidad de La Vall d'Uixó.

Esta parcela ocupa una superficie de 5.000 m<sup>2</sup>, y consideraremos que dispone de abastecimiento de agua, red de saneamiento y suministro de energía para los trabajos que se tengan que realizar in-situ.

Para realizar dicha nave se ha estudiado los espacios tanto de la línea de producción como de almacenaje que este tipo de industrias pueden requerir, así como la instalación de un puente grúa (el cual se ha tenido especialmente en cuenta a la hora de calcular y dimensionar la estructura) para facilitar la distribución y almacenaje del producto una vez finalizado.

Partiremos con los cálculos para el adecuado diseño de la estructura y finalizaremos con los relativos a la cimentación. Además, incluiremos las estimaciones pertinentes para asegurar que el diseño de la nave cumple con la normativa de seguridad estructural en caso de incendio.

### **1.3. Identificación del proyecto**

#### **1.3.1. Actividad a realizar**

La actividad industrial principal a realizar será la fabricación de baldosas cerámicas así como el posterior almacenamiento y distribución de las mismas.

#### **1.3.2. Clasificación de la actividad**

Según la CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas), la actividad correspondiente al edificio a construir es:

Sección H: Transporte y almacenamiento.

- 5210 Depósito y almacenamiento.

Sección C: Industria manufacturera.

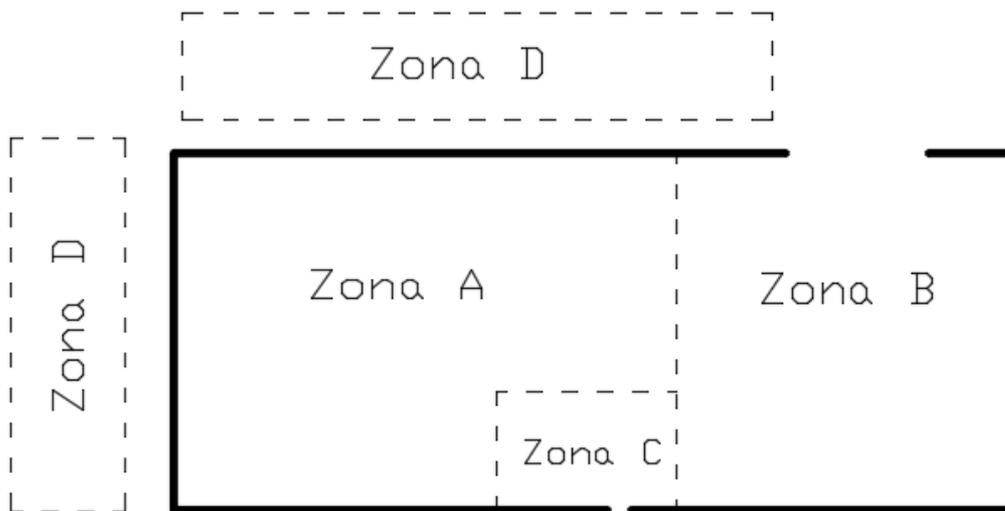
- 2331 Fabricación de azulejos y baldosas de cerámica.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES

### 2.1. Descripción general

#### 2.1.1. Introducción

La instalación que se muestra en este trabajo es una nave industrial la cual tendrá varias zonas asignadas según el uso o tareas realizadas en ellas. Las dimensiones de la nave, tanto de vertical como de horizontal están descritas en los planos correspondientes.



La primera zona (Zona A) está destinada a la línea de producción principal.

La segunda zona (Zona B) está destinada al almacenaje, embalaje y catalogación del producto fabricado.

La tercera zona (Zona C) está destinada a oficinas, vestuarios, aseos y laboratorios de control de calidad.

La cuarta zona (Zona D) está destinada al almacenamiento en depósitos de agua y materias primas.

### **2.1.2. Zona de producción principal**

En esta zona se encuentra ubicada la cadena de producción en serie de las baldosas cerámicas. Este proceso de producción consiste en la transformación de las materias primas (arcillas, fundentes, sílice, productos colorantes y otros materiales) en el producto final. La cadena comienza con la entrada de materias primas pasando a continuación por un molino de bolas y mezcladora con agua.

Una vez finalizado el proceso anterior se realiza un secado por atomizado de la mezcla, a la salida se ubicará seguidamente los sistemas de prensado y extruido de la mezcla de arcilla las cuales darán forma a las baldosas antes de entrar en el horno de cocción de piezas. Para finalizar la cadena realizará un proceso de tratamiento y posterior esmaltado superficial al producto.

### **2.1.3. Zona de almacenamiento**

En esta zona se procede al embalaje de las baldosas cerámicas en pallets así como su posterior almacenamiento. El puente grúa está ubicado sobre esta zona ya que su función será la de distribuir y organizar el producto para ahorrar el mayor volumen de espacio en las instalaciones.

Las dos puertas principales de la nave están situadas en esta zona ya que desde aquí se realiza la exportación del producto. Estas puertas tienen las dimensiones de 6 y 14 m de ancho respectivamente y ambas tienen una altura de 7.2 m.

### **2.1.4. Zona de oficinas y laboratorios**

En esta zona están ubicados los laboratorios de control de calidad, las oficinas así como los vestuarios y aseos para el personal de la fábrica. Las oficinas se encuentran en un altillo y bajo de este se sitúa el resto de los espacios de la zona. La entrada del personal de la fábrica se realiza a través de las entradas situadas en este espacio.

### **2.1.5. Zona de almacenamiento en depósitos**

Esta zona está situada en el exterior de la nave. En ella están ubicados los depósitos de agua y el silo de materias primas. El silo y los depósitos están conectados con el interior de la nave mediante tuberías con bombas de impulsión.

## 2.2. Puente grúa

Con el fin de minimizar y aprovechar el espacio, la nave azulejera dispondrá de un puente grúa birraíl ubicado en la zona de almacenamiento (zona B). Este será capaz de elevar y transportar cargas alrededor de toda nuestra zona de almacenamiento. Este puente grúa tendrá unas dimensiones de 29,1 m de luz y podrá elevar cargas de hasta 10 Tn.

Se moverá longitudinalmente 28 metros a lo largo de su viga carrilera y será capaz de levantar cargas a una altura máxima de 7,2 m. Al estar situado a gran altura no ocasionará molestia ni entorpecimiento en la circulación de mercancías y/o personal. El peso de la grúa recaerá sobre las ménsulas soldadas en los pilares, en las cuales irá apoyada su viga carrilera.

### 3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse del modo siguiente:

- Preparación de las materias primas.
- Conformación y secado en crudo de la pieza
- Cocción o cocciones, con o sin esmaltado
- Tratamientos adicionales
- Clasificación y embalaje

Dependiendo de que el producto a fabricar sea esmaltado o no, de que éste se fabrique por un procedimiento de monococción, bicocción o tercer fuego, en un determinado proceso se realizará o no el esmaltado, o se modificará la secuencia de las etapas de esmaltado y de cocción en la forma adecuada. (Figura 1.)



**Figura 1. Diagrama de los procesos de fabricación considerados**

### **3.1. Preparación de las materias primas**

El proceso cerámico comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines.

En la industria cerámica tradicional las materias primas se suelen utilizar, por lo general, tal y como se extraen de la mina o cantera, o después de someterlas a un mínimo tratamiento. Su procedencia natural exige, en la mayoría de los casos, una homogeneización previa que asegure la continuidad de sus características.

### **3.2. Molturación por vía seca o por vía húmeda**

Una vez realizada la primera mezcla de los distintos componentes de la pasta cerámica, ésta se somete por lo general a un proceso de molturación, que puede ser vía seca (molinos de martillos o pendulares) o vía húmeda (molinos de bolas continuos o discontinuos).

El material resultante de la molturación presenta unas características distintas si aquella se efectúa por vía seca o por vía húmeda. En el primer caso se produce una fragmentación, manteniéndose tanto los agregados como los aglomerados de partículas, siendo el tamaño de partículas resultante (existen partículas mayores de 300 micras) superior al obtenido por vía húmeda (todas las partículas son menores de 200 micras). Al elegir el tipo de molturación a emplear, un factor decisivo lo constituye el coste de la inversión a realizar en cada caso.

### **3.3. Molturación por vía húmeda y secado de la composición por atomización**

El procedimiento que se ha impuesto totalmente en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por monococción, como consecuencia de las importantes mejoras técnicas que supone, es el de vía húmeda y posterior secado de la suspensión resultante por atomización.

## Proceso de fabricación de baldosas cerámicas



Figura 2. Proceso de fabricación de baldosas cerámicas

En el procedimiento de vía húmeda, las materias primas pueden introducirse total o parcialmente en el molino de bolas, que es lo habitual, o desleírse directamente.

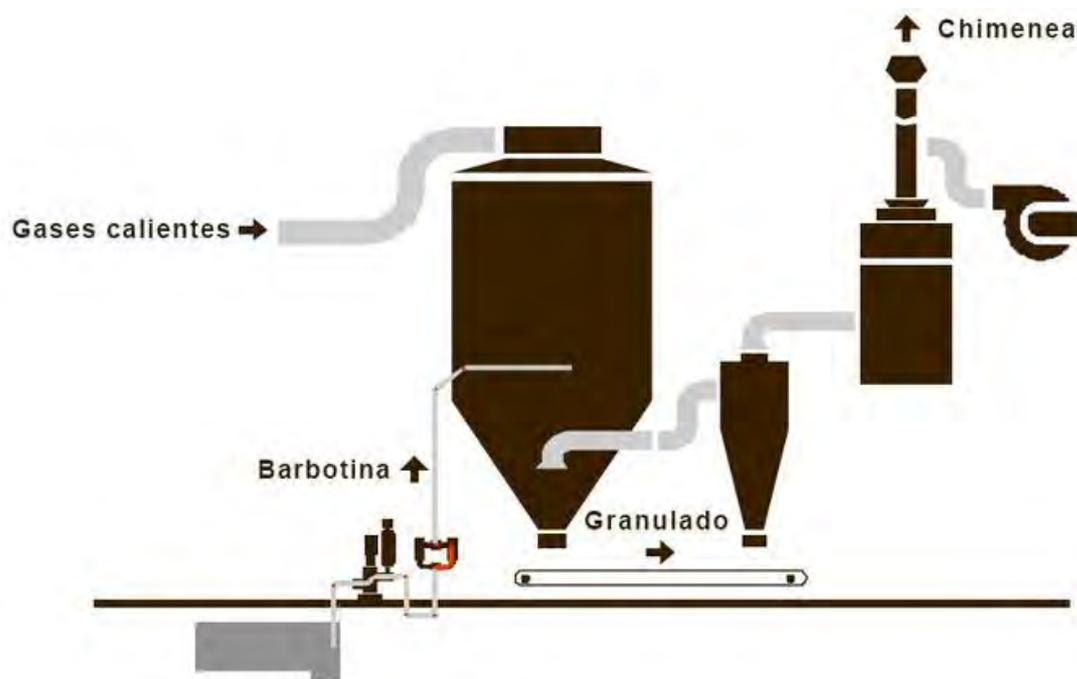
A la suspensión resultante (barbotina) se le elimina una parte del agua que contiene hasta alcanzar el contenido en humedad necesario para cada proceso. El método más utilizado en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos es el secado por atomización.

El proceso de atomización es un proceso de secado, por el cual una suspensión pulverizada en finas gotas, entra en contacto con aire caliente para producir un producto sólido de bajo contenido en agua.

El contenido en humedad presente en la suspensión (barbotina), suele oscilar entorno a 0,30-0,45 kg. de agua / kg. de sólido seco, este contenido en agua tras el proceso de atomización se reduce a 0,05-0,07 kg. de agua / kg. de sólido seco.

El proceso de secado por atomización se desarrolla según el esquema de la Figura 3:

- Bombeo y pulverización de la suspensión.
- Generación y alimentación de los gases calientes.
- Secado por contacto gas caliente-gota suspensión.
- Separación del polvo atomizado de los gases.



**Figura 3: Esquema del proceso de secado por atomización**

Los atomizadores operan siguiendo la siguiente secuencia: la barbotina procedente de las balsas de almacenamiento de las plantas de molienda, con un contenido en sólidos entre el 60 y el 70 % y con una viscosidad adecuada (alrededor de 1000cp.), es bombeada por medio de bombas de pistón al sistema de pulverización de la barbotina.

La barbotina finamente nebulizada y dividida, se seca poniéndola en contacto con una corriente de gases calientes. Estos gases provienen de un quemador convencional aire-gas natural o son los gases de escape de una turbina de cogeneración.

El granulado, con una humedad entre el 5,5 y el 7%, es descargado en una cinta transportadora y llevado a los silos para su posterior prensado. La corriente de gases utilizada para secar la barbotina y obtener el polvo atomizado es eliminada por la parte superior del atomizador conteniendo un elevado grado de humedad y partículas de polvo muy finas en suspensión.

La implantación del proceso de secado por atomización para la obtención de la materia prima del soporte (polvo atomizado), conlleva unas importantes ventajas que favorecen el desarrollo de las posteriores etapas del proceso de fabricación. Una de las ventajas más importantes es la obtención de gránulos más o menos esféricos, huecos en su interior y muy uniformes, lo que confiere al polvo atomizado una elevada fluidez, facilitando las operaciones de llenado de los moldes de las prensas y prensado de piezas de gran formato.

Otras ventajas a destacar son la consecución de dos operaciones, secado y granulación, a la vez y con el mismo equipo. Por otra parte el control de las variables del proceso presentan una gran simplicidad aunque, debe tenerse en cuenta, la elevada rigidez en las condiciones límites de operación, que vienen impuestas por las características geométricas y constructivas de la instalación. Además cabe destacar el carácter continuo del proceso, por lo que puede ser automatizado.

En cuanto al coste energético de este proceso de secado es muy elevado pero se consigue aumentar la rentabilidad del mismo, por el aprovechamiento del calor de los gases y generación de electricidad mediante la implantación de turbinas de cogeneración.

### **3.4. Amasado**

El proceso de amasado consiste en el mezclado íntimo con agua de las materias primas de la composición de la pasta, con esto se consigue una masa plástica fácilmente moldeable por extrusión.

### **3.5. Conformación de las piezas:**

#### **3.5.1. Prensado en seco**

El procedimiento predominante de conformación de las piezas pieza es el prensado en seco (5-7% de humedad), mediante el uso de prensas hidráulicas. Este procedimiento de formación de pieza opera por acción de una compresión mecánica de la pasta en el molde y representa uno de los procedimientos mas económicos de la fabricación de productos cerámicos de geometría regular.

El sistema de prensado se basa en prensas oleodinámicas que realizan el movimiento del pistón contra la matriz por medio de la compresión de aceite y presentan una serie de características como son: elevada fuerza de compactación, alta productividad, facilidad de regulación y constancia en el tiempo del ciclo de prensado establecido.

Las prensas se han desarrollado mucho en los últimos años y son equipos con automatismos muy sofisticados fácilmente regulables y muy versátiles.

### **3.5.2. Extrusión**

Básicamente el procedimiento de con formación de pieza por extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta, en estado plástico, a través de una matriz que forma una pieza de sección constante.

Los equipos que se utilizan constan de tres partes principales: el sistema propulsor, la matriz y la cortadora. El sistema propulsor mas habitual es el sistema de hélice.

## **3.6. Secado de piezas conformadas**

La pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas tras su conformado hasta niveles lo suficientemente bajos (0,2-0,5 %), para que las fases de cocción y, en su caso, esmaltado se desarrollen adecuadamente

En los secaderos que normalmente se utilizan en la industria cerámica, el calor se transmite mayoritariamente por convección, desde gases calientes a la superficie de la pieza, participando ligeramente el mecanismo de radiación desde dichos gases y desde las paredes del secadero a dicha superficie.

Por lo tanto, durante el secado de piezas cerámicas, tiene lugar simultánea y consecutivamente un desplazamiento de agua a través del sólido húmedo y a través del gas. El aire que se utiliza debe ser lo suficientemente seco y caliente, pues se utiliza, no sólo para eliminar el agua procedente del sólido sino también para suministrar la energía en forma de calor, que necesita esa agua para evaporarse.

Actualmente el secado de las piezas se realiza en secaderos verticales u horizontales. Tras el conformado de las piezas éstas se introducen en el interior del secadero, en donde se ponen en contacto en contracorriente con gases calientes. Estos gases calientes son aportados por un quemador aire-gas natural o por gases calientes procedentes de la chimenea de enfriamiento del horno. El principal mecanismo de transmisión de calor entre el aire y las piezas es el de convección.

En los secaderos verticales las piezas se colocan en planos metálicos, formando entre varios planos diferentes unidades denominadas habitualmente “cestones”. El conjunto de cestones se mueve por el interior del secadero verticalmente, entrando el conjunto cestón-pieza en contacto con los gases calientes. Normalmente la temperatura en este tipo de secaderos es inferior a 200°C y los ciclos de secado suelen estar entre los 35 y 50 minutos.

La concepción de los secaderos horizontales es del tipo horno monoestrato de rodillos. Las piezas se introducen en diversos planos en el interior del secadero y se mueven horizontalmente en su interior por encima de los rodillos. El aire caliente, que entra en contacto en contracorriente con las piezas, es aportado por quemadores situados en los laterales del horno. La temperatura máxima en este tipo de instalaciones suele ser mayor que en el caso de los secaderos verticales (alrededor de los 350°C) y los ciclos de secado son menores, entre 15 y 25 minutos.

En general los secaderos horizontales tienen un consumo menor que los verticales, debido a la mejor disposición de las piezas dentro del secadero y a la menor masa térmica.

La emisión resultante de la operación de secado es una corriente de gases a temperatura del orden de los 110°C y con muy baja concentración de partículas en suspensión arrastradas de la superficie de las piezas por esta corriente.

### **3.7. Cocción o cocciones, con o sin esmaltado**

En los productos no esmaltados, tras la etapa de secado se realiza la cocción. Asimismo, en el caso de productos esmaltados fabricados por bicocción, tras el secado de las piezas en crudo se realiza la primera cocción.

### **3.8. Esmaltado**

El esmaltado consiste en la aplicación por distintos métodos de una o varias capas de vidriado con un espesor comprendido entre 75-500 micras en total, que cubre la superficie de la pieza. Este tratamiento se realiza para conferir al producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica.

La naturaleza de la capa resultante es esencialmente vítrea, aunque incluye en muchas ocasiones elementos cristalinos en su estructura.

#### **3.8.1. Esmaltes y fritas**

El vidriado, al igual que la pasta cerámica, está compuesto por una serie de materias primas inorgánicas. Contiene sílice como componente fundamental (formador de vidrio), así como otros elementos que actúan como fundentes (alcalinos, alcalinoterreos, boro, cinc, etc.), como opacificantes (circonio, titanio, etc.), como colorantes (hierro, cromo, cobalto, manganeso, etc.).

Dependiendo del tipo de producto, de su temperatura de cocción, y de los efectos y propiedades a conseguir en el producto acabado, se formula una amplia variedad de esmaltes.

En otros procesos cerámicos (porcelana artística, sanitarios) se utilizan en la formulación de vidriados única y exclusivamente materias primas cristalinas, naturales o de síntesis, que aportan los óxidos necesarios. En cambio, en el proceso de pavimentos y revestimientos cerámicos se vienen usando materias primas de naturaleza vítrea (fritas), preparadas a partir de los mismos materiales cristalinos sometidos previamente a un tratamiento térmico de alta temperatura.

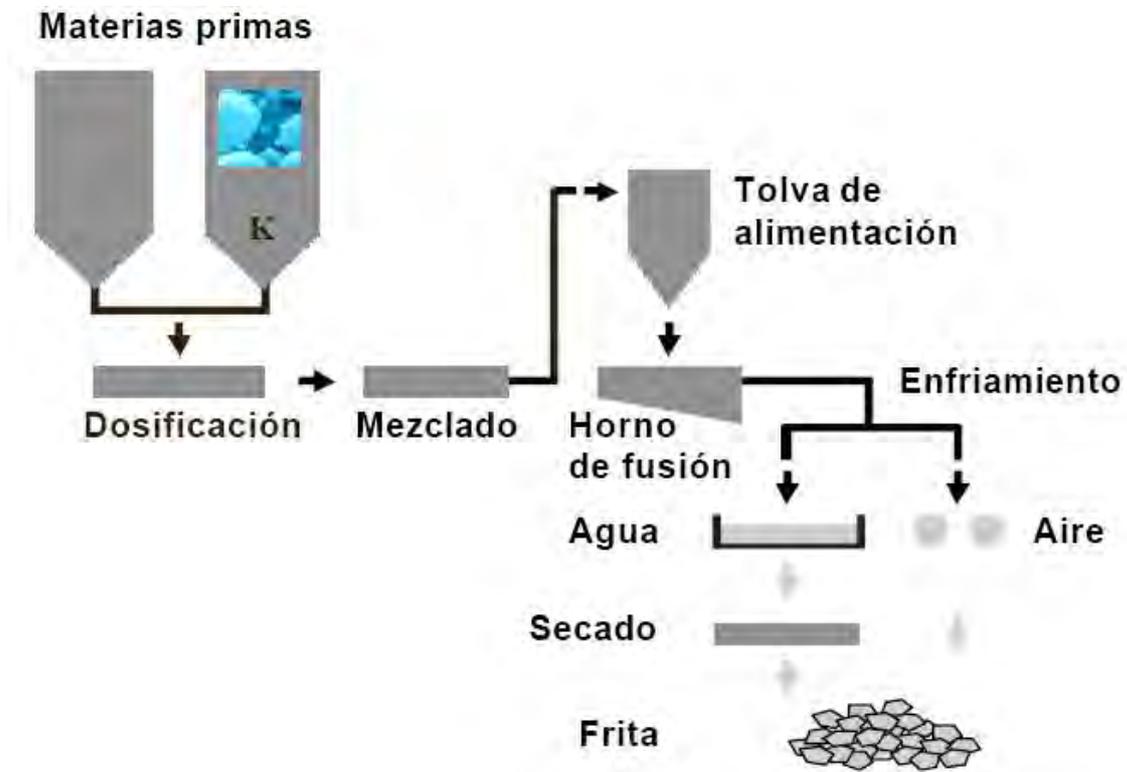
### 3.8.1.1. Fritas: Naturaleza, ventajas, composición y fabricación

Las fritas son compuestos vítreos, insolubles en agua, que se obtienen por fusión a temperatura elevada (1500°C) y posterior enfriamiento rápido de mezclas predeterminadas de materias primas. La gran mayoría de los esmaltes que se utilizan en la fabricación industrial de pavimentos y revestimientos cerámicos tienen una parte fritada en mayor o menor proporción en su composición, pudiéndose tratar en algunos casos de una sola frita o de mezclas de diferentes tipos de fritas.

La utilización de fritas presenta los siguientes ciertas ventajas frente al empleo de materias primas sin fritar, para una composición química dada:

- Insolubilización de algunos elementos químicos.
- Disminución de la toxicidad, el material vítreo obtenido, por su tamaño y estructura, tiene menor tendencia a la formación de polvo ambiental que las materias primas de las que proviene, disminuyendo de esta forma el peligro asociado a su toxicidad.
- Ampliación del intervalo de temperaturas de trabajo del esmalte, debido a que no poseen puntos definidos de fusión.

El proceso de fabricación de fritas, comúnmente llamado fritado, tiene como objetivo la obtención de un material vítreo insoluble en agua, mediante fusión y posterior enfriamiento de mezclas diferentes materiales.



**Figura 4. Proceso de fritado**

El proceso comienza con una dosificación de las materias primas, previamente seleccionadas y controladas, en la proporción establecida. Mediante transporte neumático se trasladan las diferentes materias primas a una mezcladora (Figura 4).

Existen gran variedad de fritas cerámicas, que difieren en su composición química y en las características físicas relacionadas con ésta. Como se ha explicado previamente, los componentes que por sí son solubles o tóxicos se aportan siempre en forma fritada para reducir considerablemente su solubilidad; así sucede con el plomo, el boro, los alcalinos y algunos otros elementos minoritarios. El resto de componentes pueden ser utilizados en forma fritada o como materia prima cristalina, dependiendo del efecto que se busca.

Las fritas pueden clasificarse atendiendo a muy diversos criterios: en función de su composición química (plúmbicas, borácicas, etc.), de sus características físicas (opacas, transparentes, etc.), de su intervalo de fusión (fundentes, duras), etc. En la actualidad se han desarrollado una serie de fritas, destinadas a determinados procesos de producción, que engloban varias de las características buscadas, y que hacen todavía más difícil la clasificación de las fritas cerámicas.

La mezcla de materias primas pasa a una tolva de alimentación, desde la que entra al horno, donde tiene lugar el fritado propiamente dicho. La alimentación del horno se lleva a cabo mediante un tornillo sin fin, cuya velocidad controla el flujo másico de material alimentado al horno. El tiempo de permanencia del material en el interior del horno viene definido por la velocidad de fusión de las materias primas y por la fluidez del material fundido.

El horno está dotado de quemadores alimentados con gas natural, utilizándose como comburente aire u oxígeno. Estos sistemas permiten alcanzar temperaturas comprendidas entre 1400-1600°C, necesarias para llevar a cabo este tipo de procesos.

Los gases de combustión antes de ser expulsados al exterior a través de la chimenea se les hace pasar por un intercambiador de calor, con el fin de recuperar energía para precalentar el aire de combustión .

El proceso de fritado puede desarrollarse en continuo, empleándose hornos continuos con enfriamiento del fundido con agua o con aire y en discontinuo, con hornos rotatorios y enfriamiento por agua.

Los hornos continuos tienen su base está inclinada con el fin de facilitar el descenso de la masa fundida. En la salida se sitúa un rebosadero y un quemador que actúa directamente sobre el líquido viscoso en que se ha convertido la frita a la salida, evitando su brusco enfriamiento al contacto con el aire y facilitando el vaciado en continuo del horno.

El enfriamiento puede realizarse:

*Con agua.* El material fundido cae directamente sobre agua, lo cual provoca su inmediato enfriamiento. Al mismo tiempo, y debido al choque térmico, se produce la rotura del vidrio en pequeños fragmentos de forma irregular. Estos se suelen extraer del agua mediante un tornillo sin fin, posteriormente transportándolos a un secadero para eliminarles la humedad del tratamiento anterior.

*Con aire.* En este caso la masa fundida se hace pasar a través de dos cilindros, enfriados en su interior por aire, obteniendo un sólido laminado muy frágil, que se rompe con facilidad en pequeñas escamas.

El proceso intermitente se lleva a cabo en el caso que se desee fabricar fritas de menor demanda. En este caso el proceso de fusión se realiza en un horno rotatorio y normalmente el enfriamiento de la frita se realiza por agua, siendo éstas las únicas diferencias con respecto al proceso continuo

El horno rotatorio consiste en un cilindro de acero revestido interiormente con refractario y dotado de un sistema de movimentación que permite la homogeneización de la masa fundida. En un extremo del horno se sitúa un quemador que dirige la llama hacia el interior del horno.

Tanto en el proceso continuo como en el intermitente, los humos procedentes de la fusión, contienen compuestos gaseosos procedentes de la combustión, gases procedentes de las volatilizaciones de las materias primas alimentadas y partículas arrastradas por los gases de combustión en su salida del horno. Es importante destacar que la composición de éstas partículas es parecida a la de la frita que se está produciendo en cada momento.

### **3.9. Esmaltes: Preparación y aplicación. Decoración**

El proceso de preparación de los esmaltes consiste normalmente en someter a la frita y aditivos a una fase de molienda, en molino de bolas de alúmina, hasta obtener un rechazo prefijado. A continuación se ajustan las condiciones de la suspensión acuosa cuyas características dependen del método de aplicación que se vaya a utilizar.

El esmaltado de las piezas cerámicas se realiza en continuo y los métodos de aplicación más usuales en la fabricación de estos productos cerámicos son: En cortina, por pulverización, en seco o las decoraciones.

La serigrafía es la técnica mayoritariamente utilizada para la decoración de baldosas cerámicas, debido a su facilidad de aplicación en las líneas de esmaltado. Esta técnica se utiliza tanto en monococción como en bicocción y tercer fuego, y consiste en la consecución de un determinado diseño que se reproduce por aplicación de una o varias pantallas superpuestas (telas tensadas de una luz de malla determinada).

Estas pantallas presentan la totalidad de su superficie cerrada por un producto endurecedor, dejando libre de paso únicamente el dibujo que se va a reproducir. Al pasar sobre la pantalla un elemento que ejerce presión (rasqueta), se obliga a la pasta serigráfica a atravesarla, quedando la impresión sobre la pieza.

### 3.10. Cocción de las piezas

La cocción de los productos cerámicos es una de las etapas más importantes del proceso de fabricación, ya que de ella dependen gran parte de las características del producto cerámico: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, resistencia a los agentes químicos, facilidad de limpieza, resistencia al fuego, etc.

Las variables fundamentales a considerar en la etapa de cocción son, el ciclo térmico (temperatura-tiempo, Figura 5), y la atmósfera del horno, que deben adaptarse a cada composición y tecnología de fabricación, dependiendo del producto cerámico que se desee obtener.

#### Ciclo de cocción

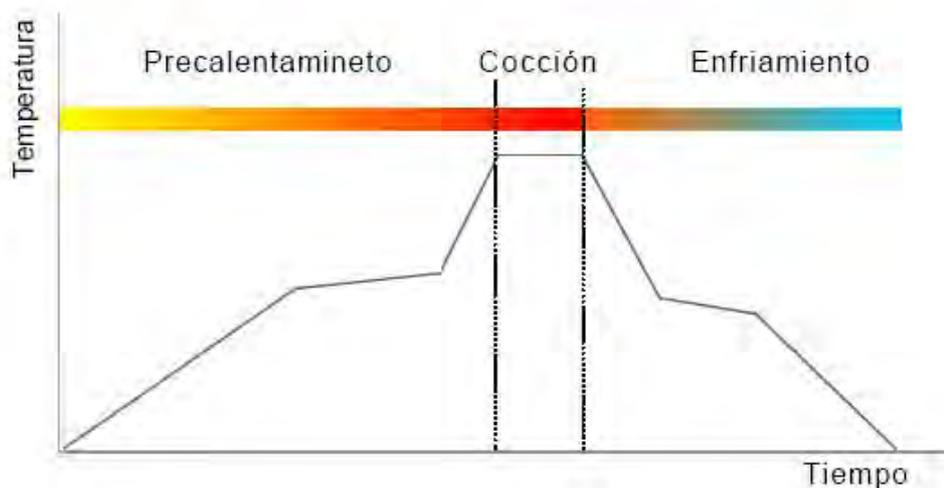


Figura 5. Ciclo de cocción

La operación de cocción consiste en someter a las piezas a un ciclo térmico, durante el cual tienen lugar una serie de reacciones en la pieza que provocan cambios en su microestructura y les confieren las propiedades finales deseadas.

### **3.10.1. Cocción única, monococción y bicocción**

Los materiales cerámicos pueden someterse a una, dos o más cocciones. Las baldosas no esmaltadas reciben una única cocción; en el caso de baldosas esmaltadas, pueden someterse a una cocción tras la aplicación del esmalte sobre las piezas crudas (proceso de monococción), o someterse a una primera cocción para obtener el soporte, al que se aplica el esmalte para someterlo luego a una segunda cocción (proceso de bicocción). En algunos materiales decorados se aplica una tercera cocción a menor temperatura.

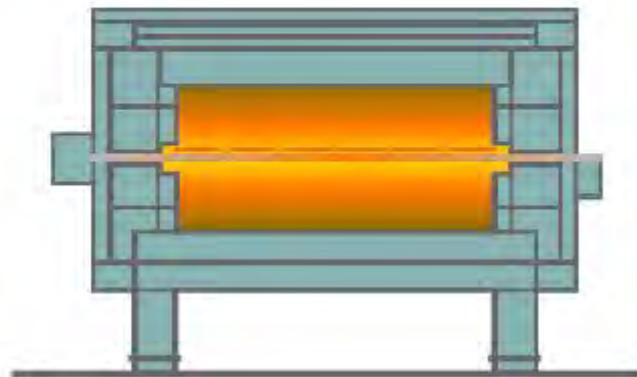
En ocasiones puede haber un secado adicional tras la etapa de esmaltado. Esta se lleva a cabo inmediatamente antes de introducir el material en el horno, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas hasta niveles suficientemente bajos para que la etapa de cocción se desarrolle adecuadamente.

### **3.10.2. Cocción rápida**

La cocción rápida de las baldosas cerámicas, actualmente predominante, se realiza actualmente en hornos monoestrato de rodillos, que han permitido reducir extraordinariamente la duración de los ciclos de cocción hasta tiempos inferiores a los 40 minutos, debido a la mejora de los coeficientes de transmisión de calor de las piezas, y a la uniformidad y flexibilidad de los mismos.

En los hornos monoestrato, las piezas se mueven por encima de los rodillos y el calor necesario para su cocción es aportado por quemadores gas natural-aire, situados en las paredes del horno. Los mecanismos principales de transmisión de calor presentes durante este proceso son la convección y la radiación. (Figura 6).

### Esquema de horno monoestrato



**Figura 6. Esquema de horno monoestrato**

Al tratarse de hornos no muflados el contacto de los gases con el producto es directo, lo cual mejora los coeficientes de transporte de calor, disminuyendo la duración del ciclo de cocción, reduciendo el consumo energético y aumentando la flexibilidad de éstos hornos respecto a los anteriormente empleados para este proceso.

Los gases calientes resultantes de la operación de cocción se emiten a la atmósfera por dos focos emisores. Por una parte los humos procedentes de la zona de precalentamiento y cocción, se emiten al exterior por una chimenea que se encuentra a la entrada del horno y los humos de la zona de enfriamiento se emiten por una chimenea que se encuentra a la salida del horno.

Los humos procedentes del proceso de precalentamiento y cocción se componen principalmente de sustancias procedentes de la combustión y compuestos gaseosos de carácter contaminante procedentes de la descomposición de las materias primas y partículas de polvo en suspensión. En cuanto a los humos de la etapa de enfriamiento se trata de aire caliente, pudiendo contener partículas de polvo.

### **3.11. Tratamientos adicionales**

En algunos casos, en particular en baldosas de gres porcelánico, se realiza una operación de pulido superficial de las piezas cocidas con lo que se obtienen baldosas homogéneas brillantes no esmaltadas.

### **3.12. Clasificación y embalado**

Por último con la etapa de clasificación y embalado finaliza el proceso de fabricación del producto cerámico.

La clasificación se realiza mediante sistemas automáticas con equipos mecánicos y visión superficial de las piezas. El resultado es un producto controlado en cuanto a su regularidad dimensional, aspecto superficial y características mecánicas y químicas.

## 4. MEMORIA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

### 4.1. Movimiento de tierras

Se procederá a la limpieza y desbroce previo del solar.

Se procederá al replanteo de las bases de cimentación (zapatas rígidas y vigas centradoras y de atado). Una vez procedido al replanteo de la zona de terreno edificable, se comenzará la excavación hasta la cota indicada en el plano de replanteo, o en su caso la determinada por la Dirección Facultativa.

La excavación se realizará con medios mecánicos adecuados y posteriormente se retocará a mano, para dejar las paredes aplomadas y en las alineaciones correctas, en caso de ser necesario.

La excavación de las zapatas y vigas centradoras y de atado se realizará por medios mecánicos o manuales y las dimensiones serán las que figuran en el plano de cimentación, si bien estas podrían variar, siempre bajo las directrices del Ingeniero Director de las obras, si aparecieran anomalías en el terreno distintas a lo previsto en el proyecto.

Se dispondrá de puntos fijos de referencia dentro o fuera de la zona a edificar y en lugares que no puedan ser afectados por la excavación de las zapatas y vigas centradoras y de atado, utilizables en cualquier momento y a los cuales se referirán todas las lecturas de cotas de nivel y desplazamientos horizontales y verticales de los puntos del terreno.

No se comenzará el relleno de cimientos hasta que la dirección técnica considere la profundidad y el firme como oportuno, por no conocerse la cota exacta para la fatiga de rotura admisible.

## 4.2. Cimentación

La cimentación se resolverá mediante zapatas de hormigón armado HA-25, encajadas en el terreno y armadas con aceros B-500S. Distinguiremos seis tipos de zapatas según sus dimensiones y/o armados, cuyas dimensiones serán:

	<i>ancho (cm)</i>	<i>largo (cm)</i>	<i>canto (cm)</i>
<b>Tipo 1</b>	575	290	135
<b>Tipo 2</b>	570	290	130
<b>Tipo 3</b>	495	245	115
<b>Tipo 4</b>	460	235	105
<b>Tipo 5</b>	400	205	90
<b>Tipo 6</b>	220	220	90

Estas zapatas se arriostrarán entre sí con vigas de atado de 40x40 cm y/o vigas centradoras de 40x60 cm de sección, de hormigón HA-25, armada con acero B-500S según planos de cimentación.

Previo vertido del hormigón en las zapatas se colocará una capa de 10 cm de hormigón de limpieza que tendrá la función de regularizar la superficie del terreno, impidiendo que el hormigón de las zapatas y vigas riostras se contamine con el terreno, creando una superficie nivelada para la correcta colocación de los separadores de la armadura.

## 4.3. Estructura

### Estructura primaria

Para la construcción de los pilares, pórticos, jácenas y correas con perfiles laminados se utilizará acero de calidad S275. Las dimensiones de los perfiles están detalladas en los planos de la estructura. Las uniones de los perfiles que forman las cerchas serán realizadas mediante soldadura eléctrica.

### Anclajes

Los anclajes estarán compuestos por una placa de anclaje con rigidizadores y pernos soldados. Distinguiremos hasta cinco tipos de anclajes según las dimensiones y/o número de pernos y su longitud. Estas serán:

	<i>ancho X (mm)</i>	<i>ancho Y (mm)</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Nº pernos</i>	<i>Ø perno (mm)</i>	<i>longitud perno (cm)</i>
<b>Tipo 1</b>	450	650	22	8	25	45
<b>Tipo 2</b>	400	600	22	6	20	50
<b>Tipo 3</b>	500	800	30	8	32	65
<b>Tipo 4</b>	450	700	25	8	25	60
<b>Tipo 5</b>	500	700	25	8	25	50

### Arriostramientos

Estarán formados en la cubierta, laterales y fachadas delantera y trasera por cruces de San Andrés de perfiles de acero laminado tipo L, cuyas dimensiones se especifican en los planos de la estructura.

### Soleras

La solera de asiento de la nave industrial se realizará sobre el terreno natural compactado, con hormigón HA-25 y 20 cm de espesor armada con mallazo de 200x200x5 mm sobre separadores homologados.

Se ejecutará con juntas para retracción formando recuadros de 5 x 5 m<sup>2</sup>. Las juntas se rellenarán con arena y sellarán con betún asfáltico o mástico plástico o bien se ejecutarán por corte posterior a su hormigonado.

## 4.4. Cerramientos

Los cerramientos exteriores estarán compuestos por placas alveolares de hormigón pretensado de 16 cm de espesor con medidas de hasta 1.2 m de ancho y 9 m de largo. El peso de estos cerramientos recaerán sobre las vigas riostras por lo tanto no tendrán efecto ninguno sobre los elementos de la estructura.

#### **4.5. Cubierta**

La cubierta se ejecutara con paneles de acero tipo sándwich de 80 mm de espesor con aislamiento incorporado. Se sujetarán mediante pernos sobre las correas de la cubierta.

En los laterales de la cubierta se colocaran los canalones para el recogido de las aguas pluviales. El desagüe irá junto a la viga de los pilares, para ahorrar espacio. Estos desagües serán de PVC de  $\varnothing$  250 mm.

#### **4.6. Red de saneamiento horizontal**

La red de evacuación de la parcela se realizará empotrada bajo solera de planta baja y estará formada por arquetas registro a pie de cada bajante, en los cambios de dirección, y cada 20 metros de longitud máxima de registro, serán de PVC prefabricadas o de obra con tapa de fundición y colector de diámetro especificado en planos y protegido por hormigón H-125.

#### **4.7. Pinturas**

Se pintarán aquellos elementos que tengan que permanecer vistos y su acabo superficial así lo requiera. En los elementos que forman la estructura se aplicará un revestimiento con pintura intumescente R90 o R30 según el tipo de elemento.

#### **4.8. Carpintería metálica**

Se dispondrá de dos puertas correderas de gran tamaño ubicadas en la fachada derecha y frontal de la estructura. Estas tendrán unas dimensiones de 14 y 7,5 metros de largo respectivamente y 7,2 metros de alto.

Además de estas, se dispondrá de 6 puertas de paso fabricadas en acero galvanizado repartidas por la estructura.



# CAPÍTULO 2

## CÁLCULOS



## 5. OBJETIVOS

El siguiente apartado contiene el cálculo y dimensionado de los elementos que se van a edificar. Los resultados de estos cálculos se podrán consultar en el Anexo I el cual contiene un informe realizado con CYPE (el programa de cálculo de estructuras utilizado) de las comprobaciones de estado límites últimos (E.L.U) y otros datos relativos a la obra.

Se realizará un cálculo del dimensionamiento óptimo según las exigencias de las normativas vigentes (EHE-08 en hormigón y CTE DB SE-A en cuanto a aceros laminados y armados). Se comprobarán las acciones así como su magnitud aplicadas en la nave según el documento básico del código técnico de acciones en la edificación (CTE-DB-SE-AE).

## 6. PRE-DIMENSIONAMIENTO

En este apartado calcularemos un valor orientativo el cual será el punto de partida para la elección del perfil adecuado para nuestro elemento. Además nos ayudará a entender mejor los resultados obtenidos mediante CYPE.

Realizaremos un pre-dimensionamiento del tamaño del perfil IPE que vamos a necesitar en los pilares. Para que nuestro elemento no falle por esbeltez, tendremos en cuenta el valor del radio de giro mínimo (en centímetros), el cual calcularemos a continuación. Utilizaremos la formula de la esbeltez flexional relativa perteneciente al Eurocódigo 3 de donde hemos despejado el radio de giro mínimo:

$$i_{min} = \frac{L_k}{\bar{\lambda} \cdot \pi \cdot \sqrt{E/f_y}}$$

$\bar{\lambda}$  Es el límite de esbeltez reducida de las barras comprimidas, el cual según el CTE DB SE-A 6.3.2.1 tiene un valor de  $2 > \bar{\lambda}$  para los elementos principales.

$f_y$  Es el valor del límite elástico del acero S275 el cual como su propio nombre indica tiene un valor de 275 MPa.

**$E$**  Es el módulo de elasticidad del acero cuyo valor es de 210 GPa.

**$L_k$**  Es la longitud de pandeo la cual se obtendrá al multiplicar el coeficiente  $\beta$  de pandeo por la longitud de nuestra barra.

$$L_k = \beta \cdot L$$

Este coeficiente dependerá de las restricciones de movimiento que el pilar tenga en sus extremos.

Calcularemos el valor del radio de giro en el eje fuerte de un pilar perteneciente a uno de los pórticos interiores. En este eje el valor del coeficiente  $\beta$  es de 1,36 y su longitud es 10 m.

$$L_k = 10 \cdot 1,36 = 13,6 \text{ m} \quad \rightarrow \quad i_{min} = 7.833 \text{ cm}$$

Por lo tanto el radio de giro inmediatamente superior al calculado corresponde al perfil **IPE 200** con  $i_y = 8,26 \text{ cm}$  (*figura.1*).

En el eje débil del pilar tenemos una longitud de 7,2 m y un coeficiente  $\beta$  de 0,7. Por lo tanto:

$$L_k = 7,2 \cdot 0,7 = 5,04 \text{ m} \quad \rightarrow \quad i_{min} = 2.903 \text{ cm}$$

Por lo tanto el radio de giro inmediatamente superior al calculado corresponde al perfil **IPE 270** con  $i_z = 3,02 \text{ cm}$  (*figura.7*). Al ser mayor, este será el tamaño del perfil IPE que dimensionará el pilar.

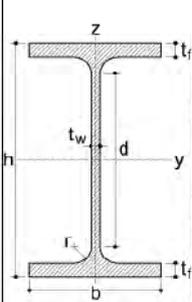


Tabla	Dimensiones							Términos de sección						
IPE	h	b	tw	tr	r	d	A	Sy	Iy	Wy	Iy	Iz	Wz	Iz
Perfil	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
IPE 80	80	46	3.0	5.2	5	60	7.64	11.6	80.1	20.0	3.24	0.49	3.69	1.05
IPE 100	100	55	4.1	5.7	7	75	10.3	19.7	171.0	34.2	4.07	15.90	5.79	1.24
IPE 120	120	64	4.4	6.3	7	93	13.2	30.4	318.0	53.0	4.90	27.70	8.65	1.45
IPE 140	140	73	4.7	6.9	7	112	16.4	44.2	541.0	77.3	5.74	44.90	12.30	1.65
IPE 160	160	82	5.0	7.4	9	127	20.10	61.9	869.0	109.0	6.58	68.30	16.70	1.84
IPE 180	180	91	5.3	8.0	9	146	23.90	83.2	1320.0	146.0	7.42	101.00	22.20	2.05
IPE 200	200	100	5.6	8.5	12	159	28.50	110.0	1940.0	194.0	8.26	142.00	28.50	2.24
IPE 220	220	110	5.9	9.2	12	178	33.40	143.0	2770.0	252.0	9.11	205.00	37.30	2.48
IPE 240	240	120	6.2	9.8	15	190	39.10	183.0	3890.0	324.0	9.97	284.00	47.30	2.69
IPE 270	270	135	6.6	10.2	15	220	45.90	242.0	5790.0	429.0	11.20	420.00	62.20	3.02
IPE 300	300	150	7.1	10.7	15	249	53.80	314.0	8360.0	557.0	12.50	604.00	80.50	3.35
IPE 330	330	160	7.5	11.5	18	271	62.60	402.0	11770.0	713.0	13.70	788.00	98.50	3.55
IPE 360	360	170	8.0	12.7	18	299	72.70	510.0	16270.0	904.0	15.00	1040.00	123.00	3.79
IPE 400	400	180	8.6	13.5	21	331	84.50	654.0	23130.0	1190.0	16.50	1320.00	146.00	3.95
IPE 450	450	190	9.4	14.6	21	379	98.80	851.0	33740.0	1500.0	18.50	1680.00	176.00	4.17
IPE 500	500	200	10.2	16.0	21	426	116.00	1100.0	46200.0	1930.0	20.40	2140.00	214.00	4.31
IPE 550	550	210	11.1	17.2	24	468	134.00	1390.0	67120.0	2440.0	22.30	2670.00	254.00	4.45
IPE 600	600	220	12.0	19.0	24	514	155.00	1760.0	92080.0	3070.0	24.30	3390.00	308.00	4.66

figura 7 : (tabla de dimensiones y propiedades de los perfiles IPE)

En las cerchas que forman los pórticos interiores se han utilizado perfiles tubulares rectangulares del tipo RHS. Calcularemos ahora el radio de giro mínimo en el eje fuerte de una de las barras de la cercha. Escogeremos la que más separación tiene entre sus extremos, es decir, la más esbelta. Esta barra tiene una longitud de 9,44 m y un coeficiente  $\beta$  de pandeo igual a la unidad.

$$L_k = 9,44 \cdot 1 = 9,44 \text{ m} \quad \rightarrow \quad i_{min} = 5,439 \text{ cm}$$

Por lo tanto el radio de giro inmediatamente superior al calculado corresponde al perfil **RHS 160x80x5** con  $i_y = 5,65 \text{ cm}$  (figura.8).

El valor de los perfiles RHS han sido obtenidos a partir de la siguiente tabla:

Tabla RHS Perfil	Dimensiones				Términos de sección										
	h	b	t	r	A	S <sub>y</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	S <sub>z</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	I <sub>z</sub>		
	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm		
# 60.40.2	60	40	2	5	3.70	3.70	18.1	6.03	2.21	2.80	9.69	4.85	1.62		
# 60.40.3	60	40	3	8	5.33	5.18	24.7	8.23	2.15	3.91	13.10	6.56	1.57		
# 60.40.4	60	40	4	10	6.81	6.42	29.7	9.91	2.09	4.84	15.70	7.86	1.52		
# 70.40.2	70	40	2	5	4.10	4.67	26.4	7.55	2.54	3.18	11.10	5.57	1.65		
# 70.40.3	70	40	3	8	5.93	6.59	36.4	10.40	2.48	4.47	15.20	7.59	1.60		
# 70.40.4	70	40	4	10	7.61	8.23	44.3	12.60	2.41	5.56	18.30	9.16	1.55		
# 70.50.2	70	50	2	5	4.50	5.35	31.1	8.87	2.63	4.26	18.50	7.42	2.03		
# 70.50.3	70	50	3	8	6.53	7.99	43.1	12.30	2.57	6.03	25.60	10.30	1.98		
# 70.50.4	70	50	4	10	8.41	9.55	53.0	15.10	2.51	7.57	31.40	12.50	1.93		
# 80.40.3	80	40	3	8	6.53	8.15	51.0	12.80	2.79	5.02	17.20	8.62	1.62		
# 80.40.4	80	40	4	10	8.41	10.20	62.6	15.60	2.73	6.28	20.90	10.50	1.58		
# 80.40.5	80	40	5	13	10.14	12.00	71.6	17.90	2.66	7.33	23.70	11.90	1.53		
# 80.60.3	80	60	3	8	7.73	10.50	68.8	17.20	2.98	8.60	44.20	14.70	2.39		
# 80.60.4	80	60	4	10	10.00	13.30	85.7	21.40	2.93	10.90	54.90	18.30	2.34		
# 80.60.5	80	60	5	13	12.10	15.80	99.8	25.00	2.87	12.90	63.70	21.20	2.29		
# 100.50.3	100	50	3	8	8.33	13.10	105.0	20.90	3.54	8.13	35.60	14.20	2.07		
# 100.50.4	100	50	4	10	10.80	16.80	131.0	26.10	3.48	10.30	44.10	17.60	2.02		
# 100.50.5	100	50	5	13	13.10	20.00	153.0	30.60	3.41	12.20	51.10	20.40	1.97		
# 100.50.6	100	50	6	15	15.30	22.90	171.0	34.20	3.34	13.90	56.70	22.70	1.92		
# 100.60.4	100	60	4	10	11.60	18.70	149.0	29.80	3.58	13.10	67.40	22.50	2.41		
# 100.60.5	100	60	5	13	14.10	22.40	175.0	35.10	3.52	15.70	78.90	26.30	2.36		
# 100.60.6	100	60	6	15	16.50	25.70	197.0	39.50	3.46	17.90	88.40	29.50	2.31		
# 100.80.4	100	80	4	10	13.20	22.60	186.0	37.20	3.75	19.40	132.00	33.00	3.16		
# 100.80.5	100	80	5	13	16.10	27.10	221.0	44.10	3.70	23.30	156.00	39.00	3.11		
# 100.80.6	100	80	6	15	18.90	31.30	251.0	50.10	3.64	26.90	177.00	44.30	3.06		
# 120.60.4	120	60	4	10	13.20	24.90	236.0	39.30	4.22	15.40	80.00	26.70	2.46		
# 120.60.5	120	60	5	13	16.10	30.00	279.0	46.50	4.16	18.40	94.00	31.40	2.41		
# 120.60.6	120	60	6	15	18.90	34.60	317.0	52.80	4.09	21.20	106.00	35.30	2.37		
# 120.80.4	120	80	4	10	14.80	29.60	290.0	48.30	4.42	22.40	155.00	38.80	3.24		
# 120.80.5	120	80	5	13	18.10	35.70	345.0	57.60	4.36	27.00	184.00	46.10	3.19		
# 120.80.6	120	80	6	15	21.30	41.40	395.0	65.80	4.30	31.30	210.00	52.50	3.14		
# 120.100.4	120	100	4	10	16.40	34.20	343.0	57.20	4.57	30.20	260.00	57.00	3.98		
# 120.100.5	120	100	5	13	20.10	41.50	412.0	68.60	4.52	36.60	311.00	62.20	3.93		
# 120.100.6	120	100	6	15	23.70	48.30	473.0	78.80	4.46	42.60	357.00	71.40	3.88		
# 140.60.4	140	60	4	10	14.80	32.00	349.0	49.80	4.85	17.60	92.60	30.90	2.50		
# 140.60.5	140	60	5	13	18.10	38.60	415.0	59.30	4.78	21.20	109.00	36.40	2.45		
# 140.60.6	140	60	6	15	21.30	44.70	474.0	67.70	4.71	24.40	124.00	41.20	2.41		
# 140.80.4	140	80	4	10	16.40	37.40	423.0	60.40	5.08	25.40	178.00	44.60	3.30		
# 140.80.5	140	80	5	13	20.10	45.30	506.0	72.40	5.01	30.80	212.00	53.10	3.25		
# 140.80.6	140	80	6	15	23.70	52.70	582.0	83.10	4.95	35.70	243.00	60.70	3.20		
# 140.100.4	140	100	4	10	18.00	42.80	497.0	71.00	5.25	34.10	297.00	59.30	4.06		
# 140.100.5	140	100	5	13	22.10	52.10	598.0	85.40	5.20	41.40	356.00	71.20	4.01		
# 140.100.6	140	100	6	15	26.10	60.80	690.0	98.50	5.14	48.20	410.00	82.00	3.96		
# 160.80.4	160	80	4	10	18.00	46.00	589.0	73.60	5.72	28.50	201.00	50.30	3.34		
# 160.80.5	160	80	5	13	22.10	55.90	708.0	88.50	5.65	34.50	241.00	60.20	3.30		
# 160.80.6	160	80	6	15	26.10	65.20	816.0	102.00	5.59	40.20	276.00	69.00	3.25		
# 160.120.5	160	120	5	13	26.10	71.40	948.0	119.00	6.02	58.70	610.00	102.00	4.83		
# 160.120.6	160	120	6	15	30.90	83.70	1100.0	138.00	5.97	68.80	707.00	118.00	4.78		
# 160.120.8	160	120	8	20	40.00	106.00	1370.0	171.00	5.85	87.20	878.00	146.00	4.68		
# 180.100.5	180	100	5	13	26.10	76.30	1110.0	123.00	6.51	50.90	446.00	89.30	4.13		
# 180.100.6	180	100	6	15	30.90	89.40	1280.0	143.00	6.44	59.50	516.00	103.00	4.09		
# 180.100.8	180	100	8	20	40.00	113.00	1600.0	178.00	6.32	75.30	637.00	127.00	3.99		
# 180.140.5	180	140	5	13	30.10	93.80	1410.0	157.00	6.85	79.10	962.00	137.00	5.65		
# 180.140.6	180	140	6	15	35.70	110.00	1650.0	183.00	6.79	92.90	1120.00	160.00	5.60		
# 180.140.8	180	140	8	20	46.40	141.00	2070.0	230.00	6.68	119.00	1410.00	201.00	5.50		
# 200.80.5	200	80	5	13	26.10	80.10	1250.0	125.00	6.91	42.00	297.00	74.20	3.37		
# 200.80.6	200	80	6	15	30.90	93.80	1450.0	145.00	6.84	49.10	342.00	85.40	3.32		
# 200.80.8	200	80	8	20	40.00	119.00	1800.0	180.00	6.70	61.70	418.00	105.00	3.23		
# 200.120.5	200	120	5	13	30.10	99.60	1630.0	163.00	7.35	70.20	742.00	124.00	4.96		
# 200.120.6	200	120	6	15	35.70	117.00	1900.0	190.00	7.29	82.50	863.00	144.00	4.92		
# 200.120.8	200	120	8	20	46.40	150.00	2390.0	239.00	7.17	105.00	1080.00	180.00	4.82		
# 200.150.5	200	150	5	13	33.10	114.00	1910.0	191.00	7.60	94.00	1230.00	164.00	6.10		
# 200.150.6	200	150	6	15	39.30	135.00	2240.0	224.00	7.54	111.00	1440.00	192.00	6.05		
# 200.150.8	200	150	8	20	51.20	173.00	2830.0	283.00	7.43	142.00	1820.00	242.00	5.95		

figura 8 : (tabla de dimensiones y propiedades de los perfiles RHS)

## 7. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

### 7.1. Introducción

En el siguiente apartado se ha tenido en cuenta las normativas del documento básico de seguridad estructural de acciones en la edificación (DB-SE-AE) perteneciente al código técnico de la Edificación (CTE). Este es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

### 7.2. Acciones

Distinguiremos dos grupos de acciones:

- Acciones permanentes:
  - *Peso propio*
  
- Acciones variables:
  - *Sobrecarga de uso*
  - *Nieve*
  - *Viento*
  - *Acciones térmicas*

### 7.3. Acciones permanentes

Las Acciones Permanentes son las acciones o cargas propias de la construcción que no pueden ser obviadas o suprimidas. Por ejemplo el peso propio de la edificación, las acciones del terreno sobre el cual está construido y las características del material como el hormigón o el acero en una estructura metálica.

El peso propio a tener en cuenta en este apartado y que ejerce algún tipo de acción sobre la edificación es el relacionado con los elementos estructurales y todos los cerramientos.

Para determinar su valor el DBSE-AE nos señala que en general se determinará a partir del valor medio obtenido de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios los cuales se exponen en una tabla anexa del documento (anexo C).

Distinguiremos dos acciones gravitatorias permanentes aplicadas a la estructura:

- **G<sub>c</sub>** Peso propio de los cerramientos de la cubierta (cubierta panel sándwich, incluso correas, de catálogo) 0,24 kN/m<sup>2</sup>
- **G<sub>e</sub>** Peso propio de la estructura ( se escoge un valor de aproximadamente luz(m)/100 ) 0,30 kN/m<sup>2</sup>

Por lo tanto la carga total permanente será:

$$\mathbf{G = G_c + G_e = 0,54 \text{ kN/m}^2}$$

Esta carga se considerará aplicada (por simplicidad de cálculo, y estando del lado de la seguridad) en la cubierta de la nave.

Esta carga será aplicada en el pórtico interior como lineal, y la calcularemos como:

$$\mathbf{g \text{ (kN/m)} = s \cdot G}$$

Siendo "s" la crujía de nuestra nave la cual tiene un valor de 7 m.

$$\mathbf{g = 7 \cdot 0,54 = 3,78 \text{ kN/m}}$$

La carga aplicada en el pórtico de fachada será la mitad que la del pórtico interior:

$$\mathbf{g = 7/2 \cdot 0,54 = 1,89 \text{ kN/m}}$$

## 7.4. Acciones variables

Son aquellas cuyo valor varía frecuentemente a lo largo del tiempo, de forma no monótona. Dentro de este grupo se incluirán sobrecargas de uso y acciones climáticas.

Podemos distinguir tres grupos:

- Sobrecargas de uso
- Nieve
- Viento
- Acciones térmicas

### 7.4.1. Sobrecargas de uso

Según el CTE-DB-SE-AE, la sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

#### 7.4.1.1. Sobrecarga de uso de la cubierta

Nos encontramos en el caso de una nave industrial con una planta y cubierta ligera. Está será únicamente accesible para conservación y descansará sobre las correas colocadas entre pórticos. Por lo tanto la *tabla 3.1* del CTE-DB-SE-AE dice que nos encontramos en la categoría de uso G y subcategoría de uso G1 (cubierta ligera sobre correas).

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)</sup> (6)	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

Por lo tanto tenemos una sobrecarga de uso superficial de 0,4 kN/m<sup>2</sup> y una carga concentrada de 1 kN que se utilizará para la comprobación local de los elementos de la cubierta (fundamentalmente las correas).

Al igual que en el apartado anterior, la carga lineal aplicada en el pórtico interior se podrá calcular como:

$$q_u \text{ (kN/m)} = s \cdot Q_u \quad \rightarrow \quad q_u = 7 \cdot 0,4 = 2,8 \text{ kN/m}$$

Aplicada en el portico de fachada:

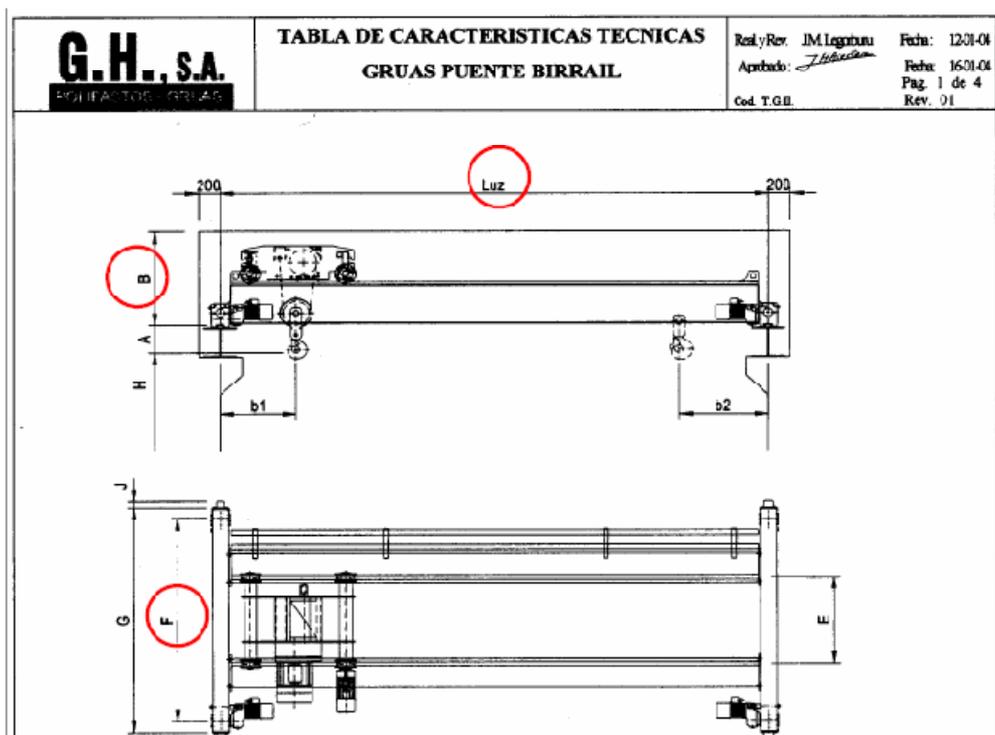
$$q_u = 7/2 \cdot 0,4 = 1,4 \text{ kN/m}$$

### 7.4.1.2. Sobrecarga de uso del puente grúa

En este apartado se calcularán las cargas que inferirá el puente grúa y a las cuales se prestarán mayor atención debido a que este tipo de cargas, así como las inferidas por cualquier otra máquina, quedan excluidas por definición del CTE y su cálculo se hace atendiendo a las recomendaciones del fabricante y, en último caso, según el criterio del calculista.

En este caso las características del puente grúa seleccionado para la nave, se pueden consultar en la figura.9. Se ha seleccionado un puente de GH modelo GH de 10 Tn de capacidad.

El fabricante del puente grúa tiene que proporcionar un catálogo en el que se indique la carga máxima por rueda, que es el peso que cada una de las dos ruedas del extremo más cargado descarga sobre la viga carrilera y ésta a la ménsula. Esta carga máxima depende del peso del propio puente grúa y de su máxima capacidad portante.



G.H.S.A. ROLIPASTOS - GRUAS		TABLA DE CARACTERISTICAS TECNICAS GRUAS PUENTE BIRRAIL										Real y Rev. JM Legorburu	Fecha: 12/01/04									
												Aprobado: J. Martínez	Fecha: 16/01/04									
												Cod. T.G.H.	Rev. 01									
Cap. carga Kc	Carri mm	H m	Vel. Elev. m/min	Polipasto	FEM AX MX	Luz mm	Flexión 1/X mm	b1 mm	b2 mm	A mm	B mm	E mm	F mm	G mm	J mm	d mm	RV Max Kc	RV Min Kc	RT Max Kc	RT Min Kc		
8000	40x30	7,20	4	GHE-4/1	4	4/6	8000	750	713	795	177	975	1200	2600	2865	85	160	4804	749	499	192	
							10500				77	1075	"	"	"			4815	845	635	317	
							13000				-22	1175	"	"	"			5030	990	787	452	
							15500				-122	1275	"	"	"			5245	1161	847	597	
							17000				-222	1375	"	"	"			5413	1304	1055	694	
							18500				"	"	"	"	"			5851	1713	1281	891	
	21000	"	"	"	3100	3365	5886	1834	1204	805												
	23000	-322	1475	"	"	"	6247	2080	1357	941												
	25000	"	"	1500	3600	3865	6440	2248	1324	895												
	27000	"	"	"	"	3955	7033	2828	1541	1072												
	30000	-414	1567	"	"	4555	7593	3360	1598	1092												
	8000	40x30	9,00	8	GHE-2/1	4	4/6	8000	750	869	854	332	1085	1500	2600	2865	85	160	4845	835	525	202
	10500							415				"	1200	"	"	4795			834	520	200	
	13000							315				1185	"	"	"	5027			910	600	331	
	15500							215				1285	"	"	"	5254			1043	622	472	
	17000							115				1385	"	"	"	5481			1206	989	624	
	18500							15				1485	"	"	"	5649			1345	1101	725	
	21000	"	"	3100	3365	6092	1750	1334	928													
	23000	-84	1585	"	"	"	6229	1869	1253	838												
	25000	"	"	1500	3600	3865	6493	2112	1411	978												
	27000	"	"	"	"	3955	6899	2278	1377	931												
	30000	-176	1677	"	"	4555	7294	2858	1598	1112												
	10000	50x30	7,20	4	GHE-4/1	4	4	7500	750	713	795	177	975	1200	2600	2865	85	160	5508	801	570	203
	9500							77				1075	"	"	"	5701			851	700	320	
12000	-22							1175				"	"	"	5928	985			871	475		
14000	-122							1275				"	"	"	6118	1119			1016	606		
16500	-222							1375				"	"	"	6352	1303			1208	784		
18500	"							"				3100	3455	6840	1847	1309			846			
22000	-314		1467	"	"	"	7240	2120	1512	1029												
23000	-414		1567	"	"	"	7597	2468	1647	1141												
27000	-418		1571	1500	3600	3955	8231	3058	1804	1266												
28000	"		"	1800	4200	4555	8374	3180	1663	1104												
30000	-881		1814	"	"	4615	8723	4518	2046	1388												
10000	50x30		9,00	8	GHE-2/1	4	4	7500	750	869	854	332	1085	1500	2600	2865	85	160	5727	908	583	211
9500								415				"	1200	"	"	5877			908	585	210	
12000								315				1185	"	"	"	5893			946	724	331	
14000								215				1285	"	"	"	6138			1052	901	492	
16500								115				1385	"	"	"	6337			1177	1053	630	
18500								15				1485	"	"	"	6580			1352	1251	812	
21000	24		1477	"	3100	3455	7175	1890	1353	875												
22000	-76		1577	"	"	"	7479	2158	1562	1063												
23000	-176		1677	"	"	"	7839	2505	1700	1177												
27000	-180		1681	1500	3600	3955	8487	3090	1860	1294												
28000	"		"	1800	4200	4555	8641	3212	1716	1140												
30000	-423		1824	"	"	4615	8992	4548	2103	1437												

Figura.9 Tabla de características del puente grúa según el catálogo del fabricante

Según el catálogo (*figura.3*) tenemos que los datos del puente grúa son:

	mm
<b>Luz</b>	30000
<b>B</b>	1814
<b>b1</b>	738
<b>F</b>	4200

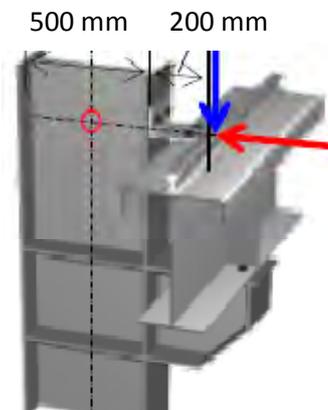
	Kg
<b>Rv<sub>max</sub></b>	9723
<b>Rv<sub>min</sub></b>	4528
<b>Rt<sub>max</sub></b>	2046
<b>Rt<sub>min</sub></b>	1398

Para el cálculo de la reacción máxima en los apoyos (las ménsulas sobre las que apoyan las vigas carrileras) se considerará que las vigas carrileras son biapoyadas.

A los efectos de determinar la excentricidad de la acción vertical del puente grúa en relación con el eje del pilar, consideraremos el perfil del pilar más grueso que en este caso es un IPE 500.

Como podemos observar en la *figura.10* la excentricidad "a" se calculará como:

$$a = 200 + 500/2 = 450 \text{ mm}$$



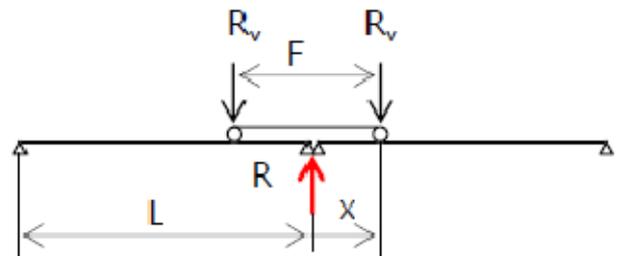
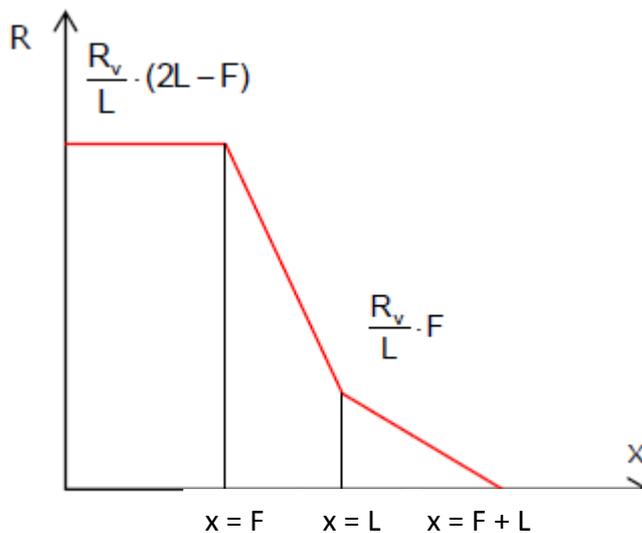
**Figura.10** Apoyo de la viga carrilera con el pilar

Puesto que el puente grúa se desplazará a lo largo de su viga carrilera, la reacción en los apoyos de la viga con el pilar tendrá un valor diferente en función de su posición. Distinguiremos tres casos posibles con el fin de averiguar qué posición es la más desfavorable (Provoca una reacción mayor en los apoyos):

- *Caso 1:* Que el carro del puente grúa solo tenga apoyada una rueda en un vano. Este caso se dará únicamente en los extremos de la viga carrilera.
- *Caso 2:* Que las dos ruedas del carro estén apoyadas en el mismo vano.
- *Caso 3:* Que las dos ruedas estén apoyadas en dos vanos diferentes.

Realizando un equilibrio de fuerzas y momentos en cada uno de los tres casos anteriores, la posición más desfavorable es la que tiene lugar en el caso 3 ya que en este la reacción provocada en el apoyo es mayor.

En la siguiente gráfica y diagrama se ha representado la magnitud "R" de la reacción en el apoyo frente a la distancia "x" entre la rueda del carro y el apoyo.



$F$  = Separación de las  
ruedas del carro

$L$  = crujía de la nave

Por lo tanto el valor de la reacción total en el apoyo se calculará como:

$$R_{total} = R/L (2L - F)$$

Substituyendo los datos proporcionados por el catálogo de puentes grúa, tenemos lo siguiente:

- Reacciones verticales totales:

$$R_{v \max total} = R_v/L (2L - F) = \frac{9723}{7000} (2 \cdot 7000 - 4200) = 13612,2 \text{ Kg}$$

$$R_{v \min total} = R_v/L (2L - F) = \frac{4528}{7000} (2 \cdot 7000 - 4200) = 6339,2 \text{ Kg}$$

- Reacciones horizontales totales:

$$R_{T \max total} = R_v/L (2L - F) = \frac{2046}{7000} (2 \cdot 7000 - 4200) = 2864,4 \text{ Kg}$$

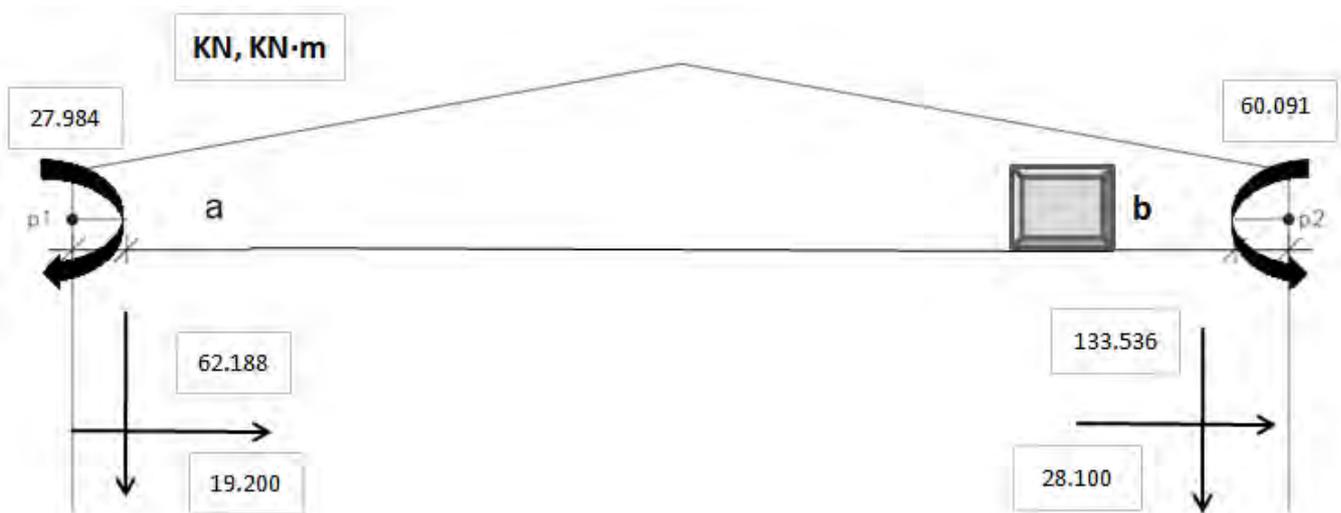
$$R_{T \min total} = R_v/L (2L - F) = \frac{1398}{7000} (2 \cdot 7000 - 4200) = 1957,2 \text{ Kg}$$

- Momentos generados por la excentricidad de la acción vertical del puente grúa en relación con el eje del pilar:

$$M_{\max} = R_{v \max total} \cdot a = 13612,2 \cdot 0,45 = 6125,49 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{\min} = R_{v \min total} \cdot a = 6339,2 \cdot 0,45 = 2852,64 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Para finalizar y mostrar los resultados, en la siguiente *figura.11* aparece el carro situado en un extremo de los rieles del puente grúa. Se ha representado el valor en kN o kN·m de las reacciones y momentos generados en los apoyos "a" y "b" con los pilares.



**Figura.11 Representación de las reacciones y momentos del puente grúa**

### 7.4.2. Nieve

La acumulación de nieve sobre las cubiertas produce cargas verticales que según la ubicación geográfica de la estructura y la forma de la cubierta pueden adquirir valores significativos.

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

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal,  $Q_n$ , puede tomarse:

$$Q_n = \mu \cdot S_k$$

Donde:

$\mu$  es el coeficiente de forma de la cubierta

$S_k$  es el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal

Con una inclinación de  $9,46^\circ$ , el coeficiente de forma de la cubierta de la nave tendrá un valor de 1, ya que el CTE expresa que este será el valor para cubiertas con inclinación menor o igual a  $30^\circ$ .

El valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal es función de la altitud y la zona climática donde se encuentra el emplazamiento.

La zona climática y la altitud del emplazamiento aparecen en la Figura E.2 y en la Tabla E.2 del CTE-DB-SE-AE.



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

- 3 Como valor de carga de nieve en un terreno horizontal,  $s_k$ , puede tomarse de la tabla E.2 función de la altitud del emplazamiento o término municipal, y de la zona climática del mapa de la figura E.2

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal ( $\text{kN/m}^2$ )

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

La localidad de La Vall d'Uixó se encuentra en la zona climática 5 y tiene una altitud de 118 msnm. Puesto que la tabla E.2 no se puede interpolar, escogeremos el valor inmediatamente superior el cual tendrá un valor de 0,3.

Por lo tanto la carga de nieve se calculará como:

$$Q_n = \mu \cdot S_k \quad \rightarrow \quad Q_n = 1 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Aplicada al pórtico interior tendrá un valor de :  $q_n = 7 \cdot 0,3 = 2,1 \text{ kN/m}$

Aplicada al pórtico de fachada tendrá un valor de:  $q_n = 7/2 \cdot 0,3 = 1,05 \text{ kN/m}$

### 7.4.3. Viento

El viento es el desplazamiento de masas de aire atmosférico debido a la existencia de zonas con diferencias de presión atmosférica, que se originan en calentamientos desiguales del sol en distintas zonas de la corteza terrestre.

En las zonas de alta presión se generan los anticiclones, el aire se mueve de dichos centros a las zonas de baja presión, en ese movimiento del aire, que se denomina viento, al encontrarse con obstáculos (por ejemplo las estructuras) la energía cinética se transforma en energía de presión.

#### 7.4.3.1. Viento exterior

La acción del viento se puede considerar como una fuerza perpendicular a la superficie que puede obtenerse mediante:

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

Donde:

$q_b$  es la presión dinámica del viento.

$c_e$  es el coeficiente de exposición, el cual es función de la altura del punto considerado.

$c_p$  es el coeficiente eólico o de presión que depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento.

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D.1. El de la presión dinámica  $q_b$  es, respectivamente de  $0,42\text{kN/m}^2$ ,  $0,45\text{ kN/m}^2$  y  $0,52\text{ kN/m}^2$  para las zonas A, B y C de dicho mapa.



Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento,  $v_b$

La localización de la obra se encuentra en la zona A por lo que el valor de la presión dinámica del viento es de  $0,42 \text{ kN/m}^2$ .

En cuanto al coeficiente de exposición, la norma señala que para alturas menores de 200 m se puede calcular utilizando las siguientes ecuaciones:

$$c_e = F \cdot (F + 7k)$$

$$F = k \cdot \ln \left[ \frac{\text{máx}(z, Z)}{L} \right]$$

De donde:

“z” es la altura de coronación del edificio la cual tiene un valor de 12,5 m.

“k, L, Z” son los parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2.

**Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno**

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

El grado de aspereza de entorno de la obra se puede clasificar como grado IV debido a que está ubicada en un polígono industrial. Los valores por lo tanto son:

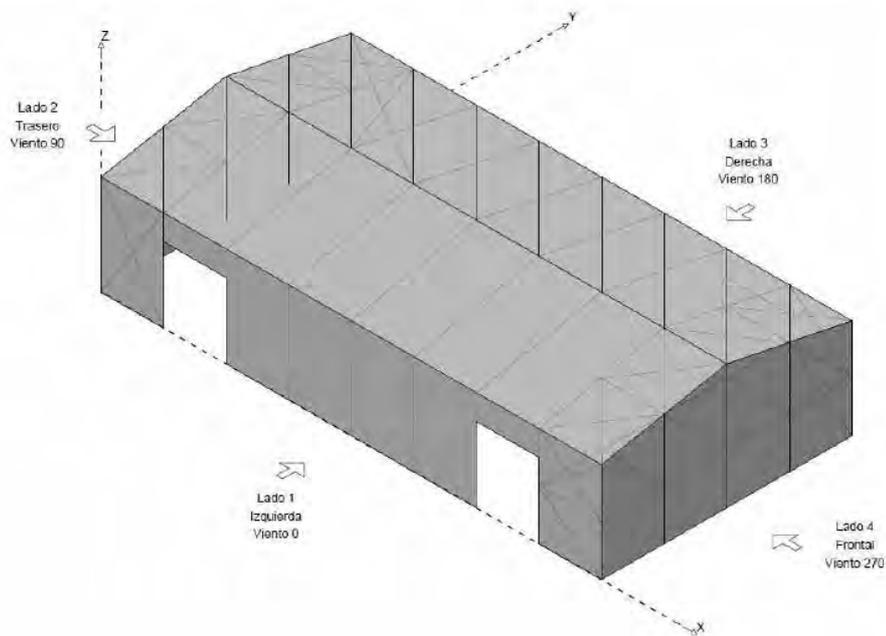
$$K = 0,22 \quad L = 0,3 \text{ m} \quad Z = 5 \text{ m}$$

Resolviendo las ecuaciones anteriores tenemos que:

$$F = k \cdot \ln \left[ \frac{\max(z,Z)}{L} \right] = 0,22 \cdot \ln \left[ \frac{\max(5,12.5)}{0,3} \right] = 0,82$$

$$c_e = F \cdot (F + 7k) = 0,82 \cdot (0,82 + 7 \cdot 0,22) = 1,9352$$

Una vez que ya hemos calculado la presión dinámica del viento y el coeficiente de exposición, solo nos queda por determinar el coeficiente eólico para saber la carga que ejerce sobre la estructura. Para calcular este coeficiente hemos de tener en cuenta la orientación de la nave en función de la dirección en la que sopla el viento.



**Figura.12 ejemplo de las direcciones principales de viento en una nave genérica**

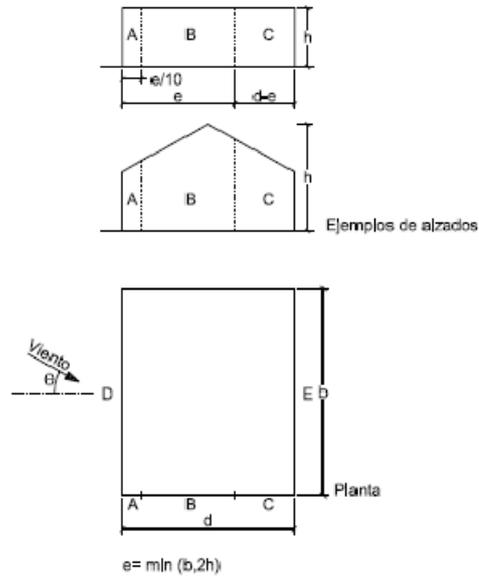
Como podemos observar en la *figura.12* las direcciones principales de viento se pueden representar en el eje de coordenadas como:

- Lado 1 izquierdo, viento 0°
- Lado 2 trasero, viento 90°
- Lado 3 derecho, viento 180°
- Lado 4 frontal, viento 270°

Al tener una nave simétrica en cuanto a paños exteriores, el viento frontal y trasero tendrá el mismo efecto, ocurrirá lo mismo con el viento izquierdo y el derecho.

Empezaremos calculando los parámetros verticales del viento aplicado en dirección lateral. Estos parámetros serán los que afecten a los cerramientos de fachada de la nave.

Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Según la Tabla D.3 del DB-SE-AE distinguiremos 5 zonas repartidas en la fachada. Teniendo en cuenta que el área es mayor que 10 m<sup>2</sup> y que la altura de cumbrera de la nave dividida la luz (h/d) es igual a 0,416, interpolaremos los valores de la tabla anterior para obtener el valor exacto de cada  $c_p$ . Realizando la interpolación tenemos lo siguiente:

- Zona A:  $c_p = -1,2$
- Zona B:  $c_p = -0,8$
- Zona C:  $c_p = -0,5$
- Zona D:  $c_p = 0,703$
- Zona E:  $c_p = -0,344$

Con estos valores ya podemos resolver la ecuación del principio. Para cada una de las zonas de viento anteriormente citadas obtendremos lo siguiente:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad \rightarrow \quad q_e = 0,42 \cdot 1,9352 \cdot c_p$$

- Zona A:  $q_e = -0,9753 \text{ kN/m}^2$
- Zona B:  $q_e = -0,6502 \text{ kN/m}^2$
- Zona C:  $q_e = -0,4064 \text{ kN/m}^2$
- Zona D:  $q_e = 0,5714 \text{ kN/m}^2$
- Zona E:  $q_e = -0,2796 \text{ kN/m}^2$

La extensión de estas zonas viene definida por el parámetro “e”. Como indica la Tabla D.3 este tiene una expresión que se resolverá de la siguiente forma:

$$e = \min(b, 2h) \rightarrow e = \min(70 ; 2 \cdot 12,5) = 25 \text{ m}$$

Estudiaremos ahora los parámetros verticales aplicados a los vientos frontales o traseros. En este caso la altura de la nave se dividirá por la longitud de la misma (“d” es igual a la longitud de la nave) teniendo un valor de 0,178. Interpolando la Tabla D.3 de la misma forma que la realizada con el viento lateral, tenemos que:

- Zona A:  $c_p = -1,2$
- Zona B:  $c_p = -0,8$
- Zona C:  $c_p = -0,5$
- Zona D:  $c_p = 0,698$
- Zona E:  $c_p = -0,2808$

Con estos valores la acción de viento frontal o trasera para cada zona será:

- **Zona A:  $q_e = -0,9753 \text{ kN/m}^2$**
- **Zona B:  $q_e = -0,6502 \text{ kN/m}^2$**
- **Zona C:  $q_e = -0,4064 \text{ kN/m}^2$**
- **Zona D:  $q_e = 0,5673 \text{ kN/m}^2$**
- **Zona E:  $q_e = -0,2282 \text{ kN/m}^2$**

Calcularemos por último el valor del parámetro “e”.

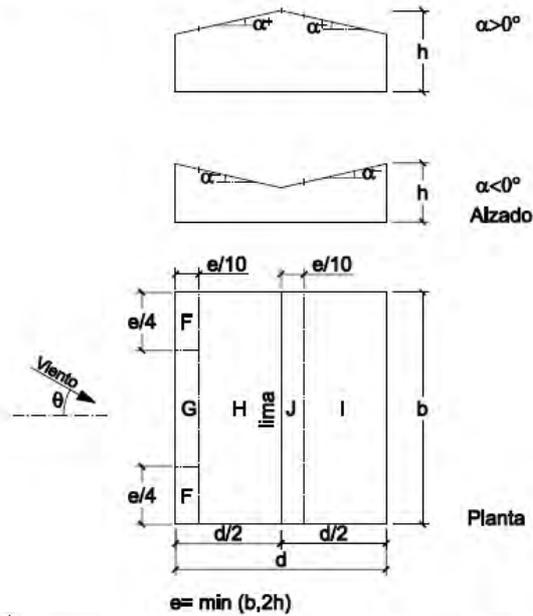
$$e = \min (30 ; 2 \cdot 12,5) = 25 \text{ m}$$

A continuación calcularemos las acciones aplicadas a la cubierta de la nave ocasionadas por los vientos laterales. En este caso nos encontramos con una cubierta a dos aguas. Para este tipo de cubiertas utilizaremos el apartado a) de la Tabla D.6 del DB-SE-AE que dice lo siguiente.

d

Tabla D.6 Cubiertas a dos aguas

a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
45°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Como ya hemos comentado en el apartado de acción de nieve, el ángulo que forma nuestra cubierta tiene un valor de  $9,46^\circ$ . Interpolaremos los valores de la tabla de la misma forma que el apartado anterior para obtener el valor exacto de  $c_p$ .

- Zona F:  $c_p = -1,3432$  y  $c_p = 0,0892$
- Zona G:  $c_p = -1,0216$  y  $c_p = 0,0892$
- Zona H:  $c_p = -0,4662$  y  $c_p = 0,0892$
- Zona I:  $c_p = -0,5108$
- Zona J:  $c_p = -0,3352$

Calcularemos ahora la acción del viento:

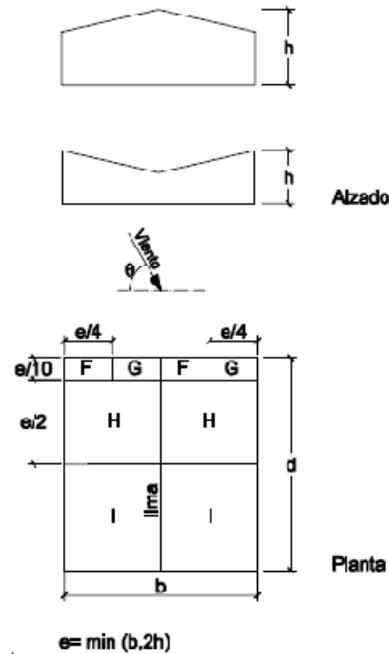
- Zona F:  $q_e = -1,0917 \text{ kN/m}^2$  y  $q_e = 0,0892 \text{ kN/m}^2$
- Zona G:  $q_e = -0,8303 \text{ kN/m}^2$  y  $q_e = 0,0892 \text{ kN/m}^2$
- Zona H:  $q_e = -0,3789 \text{ kN/m}^2$  y  $q_e = 0,0892 \text{ kN/m}^2$
- Zona I:  $q_e = -0,4152 \text{ kN/m}^2$
- Zona J:  $q_e = -0,2724 \text{ kN/m}^2$

Se puede observar que en algunas zonas se obtienen dos valores diferentes de acción del viento, esto es debido a que la acción del viento en dichas zonas puede variar de succión a presión y se han de considerar ambas situaciones.

Al igual que en los parámetros verticales, la extensión de estas zonas viene definida por el parámetro "e" el cual tendrá el mismo valor que el calculado anteriormente ( $e=25 \text{ m}$ ).

En cuanto a los vientos frontales o traseros, calcularemos las acciones aplicadas a la cubierta de la nave utilizando el apartado b) de la Tabla D.6 del DB-SE-AE que dice lo siguiente:

b) Dirección del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	$\geq 10$	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	$\geq 10$	1,9	1,2	0,8	0,8
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	$\geq 10$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	$\geq 10$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	$> 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	1,5	2,0	1,0	0,5

Por lo tanto, realizando el mismo cálculo e interpolación anterior, tenemos que:

- Zona F:  $c_p = -1,7784$
- Zona G:  $c_p = -1,3$
- Zona H:  $c_p = -0,6554$
- Zona I:  $c_p = -0,5108$
- Zona J:  $c_p = -0,5554$

Calculamos de forma análoga la acción del viento:

- Zona F:  $q_e = -1,4457 \text{ kN/m}^2$
- Zona G:  $q_e = -1,0566 \text{ kN/m}^2$
- Zona H:  $q_e = -0,5327 \text{ kN/m}^2$
- Zona I:  $q_e = -0,4152 \text{ kN/m}^2$
- Zona J:  $q_e = -0,4514 \text{ kN/m}^2$

Al igual que en los parámetros verticales, la extensión de estas zonas viene definida por el parámetro “e” el cual tendrá el mismo valor que el calculado anteriormente (e=25 m).

### 7.4.3.2. Viento interior

La acción del viento en el interior de la nave puede considerarse como una acción extraordinaria o como una acción persistente o transitoria.

En ambos casos, el valor de  $q_b$  es el mismo e igual al calculado con anterioridad ( $q_b = 0.42 \text{ kN/m}^2$ ). También es común el valor del coeficiente de exposición interior ( $c_{ei}$ ), que es distinto al calculado anteriormente para el viento exterior.

$$q_{ei} = q_b \cdot c_{ei}(g, z_i) \cdot c_{pi}$$

Para calcular  $c_{ei}$ , se estima que existe un hueco dominante (la puerta de la fachada derecha), que tiene una altura total de 7,2 metros, por tanto su punto medio está situado a  $z=3,6$  m. Realizando el mismo cálculo que con el viento exterior tenemos lo siguiente:

$$F_i = k \cdot \ln \left[ \frac{\text{máx}(z,Z)}{L} \right] = 0,22 \cdot \ln \left[ \frac{\text{máx}(3,6,5)}{0,3} \right] = 0,61895$$

$$c_{ei} = F \cdot (F + 7k) = 0,61895 \cdot (0,61895 + 7 \cdot 0,22) = 1,3362$$

$$q_{ei} = 0,42 \cdot 1,3362 \cdot c_{pi}$$

Solo resta por evaluar el coeficiente de presión interior, que será diferente en función de la situación que se suponga para la acción del viento interior.

Si se establece la acción del viento como una acción accidental, tal y como se establece en el CTE, se deben emplear la combinatoria de estas situaciones, y como valores del coeficiente de viento interior ( $c_{pi}$ ) los más desfavorables en la situación de presión y succión interior.

Tabla 3.6 Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio											
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	
$\geq 4$	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	

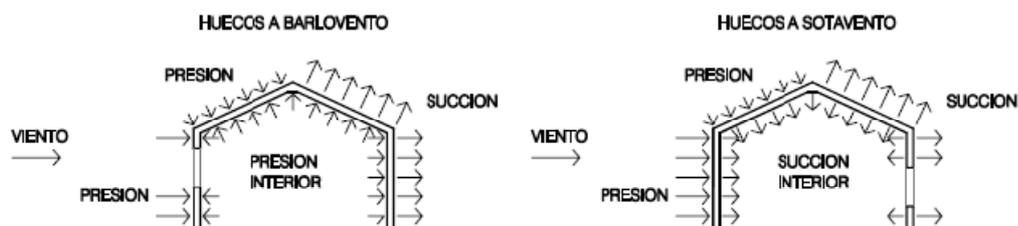


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

El área de huecos total del edificio lo podríamos simplificar en la suma de las dos puertas con mayores dimensiones, ya que su área es muy superior a la del resto de huecos.

- Área de la puerta lateral derecha:  $7,2 \times 14 \text{ m} = 100,8 \text{ m}^2$
- Área de la puerta de la fachada frontal:  $7,2 \times 7,5 \text{ m} = 54 \text{ m}^2$
- Área de huecos total :  $100,8 + 54 = 154,8 \text{ m}^2$

En una situación de viento lateral derecho (huecos a barlovento) con la puerta de la fachada frontal completamente cerrada, tendríamos que el área de huecos de succión respecto al área total de huecos del sería 0. En el caso contrario de que esta puerta permaneciera cerrada, esta relación tendría un valor de  $54/154,8 = 0,348$

Por lo tanto según la Tabla 3.5 obtendríamos lo siguiente:

- Caso 1, puerta cerrada:  $A_{HS}/A_{HT} = 0 \rightarrow c_{pi} = 0,7$
- Caso 2, puerta abierta:  $A_{HS}/A_{HT} = 0,348 \rightarrow c_{pi} = 0,4$

Por lo tanto el caso más desfavorable en cuanto a presión interior es el caso 1 en el que la puerta de la fachada frontal permanece completamente cerrada.

La acción del viento en este caso será:

$$Q_{ei \text{ presión}} = 0,42 \cdot 1,3362 \cdot 0,7 = 0,3928 \text{ kN/m}^2$$

Que aplicada al pórtico interior tendrá un valor de:

$$q_{ei \text{ presión}} = 0,3928 \cdot 7 = 2,7496 \text{ kN/m}$$

Estudiaremos ahora la situación de viento lateral izquierdo (huecos a sotavento) en el cual tendremos tres nuevos casos:

- Caso 1, puerta de la fachada derecha cerrada:
  - $A_{HS}/A_{HT} = 54/154,8 = 0,348 \rightarrow c_{pi} = 0,4$
- Caso 2, puerta de la fachada frontal cerrada:
  - $A_{HS}/A_{HT} = 100,8/154,8 = 0,6511 \rightarrow c_{pi} = -0,1$
- Caso 3, las dos puertas abiertas:
  - $A_{HS}/A_{HT} = 154,8/154,8 = 1 \rightarrow c_{pi} = -0,5$

Por lo tanto el caso más desfavorable en cuanto a succión es el caso 3 en el que todas las puertas de la estructura permanecerán completamente abiertas.

La acción del viento en este caso será:

$$Q_{ei \text{ succión}} = 0,42 \cdot 1,3362 \cdot 0,5 = 0,2806 \text{ kN/m}^2$$

Que aplicada al pórtico interior tendrá un valor de:

$$q_{ei \text{ succión}} = 0,2806 \cdot 7 = 1,9642 \text{ kN/m}$$

#### 7.4.4. Acciones térmicas

Las acciones térmicas son las producidas por las deformaciones debidas a los cambios de temperatura.

No se consideran acciones térmicas y reológicas debido a que según la Norma "CTE-DB-SE-A" en su apartado 3.4.1.3 referentes a cargas térmicas nos dice que pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación o cuando no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud.

En nuestra estructura no dispondremos de elementos continuos de más de 40 m de longitud, ni las correas que están dispuestas cada dos vanos o las vigas carril del puente grúa, las cuales no serán mayores a 28 metros.

## 8. Estructura

Algunas de las dimensiones de la nave vienen predeterminadas por la propiedad como la anchura y la longitud, otras como la altura de pilares o la pendiente de los faldones se han elegido tras observar la mayoría de las naves industriales construidas en el mismo polígono y siguiendo la normativa aplicable, y serán las siguientes:

- Luz de la nave: 30 m
- Longitud de la nave: 70 m
- Separación entre pilares (crujía): 7 m
- Altura de pilares: 10 m
- Pendiente de los faldones: 16,66 % (9,46°)
- Altura de coronación: 12,5 m
- Situación topográfica: 4
- Zona eólica: 5
- Altura topográfica: 118 msnm

Las normas urbanísticas del polígono establecen que:

- Máxima altura de cumbrera: 14 m
- Separación delantera mínima con la vía pública: 10 m
- Separación lateral y trasera mínima: 4 m
- Superficie de parcela mínima de 900 m<sup>2</sup>

Se ha tenido especial en cuenta los requerimientos del puente grúa a la hora de determinar la altura de los pilares y las cerchas, ya que este requiere un espacio mínimo de 1,8 metros de altura en su parte superior según el catálogo del fabricante. Los datos generales de la obra se podrán consultar en el [Anexo I](#).

## 8.1. Pilares

Para los pilares y vigas se han utilizado perfiles IPE formados por acero laminado S275. La tipología de estos pilares vendrá determinada en los planos correspondientes. La nave tiene un total de 27 pilares los cuales variarán desde un

Para satisfacer las exigencias de resistencia frente al fuego, se ha optado por aplicar una capa de pintura intumescente de conductividad  $0,10 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , aplicada a los elementos metálicos de la estructura.

Además de cumplir con todas las comprobaciones resistentes, los pilares y las vigas cumplen con la comprobación de flecha, siendo ésta limitada a  $L/250$  para pilares y a  $L/300$  para las vigas.

En el *Anexo I* se podrá consultar un informe completo de las comprobaciones E.L.U del pilar más pésimo (el pilar del pórtico interior P2).

## 8.2. Cerchas

En cuanto a la formación de las celosías en las cerchas de los pórticos interiores, se ha utilizado perfiles RHS de acero laminado S275. Se ha optado por la utilización de este tipo de perfil por su mayor ligereza frente a un perfil IPE, además al ser un perfil rectangular, este generará menor número y tamaño de recovecos; Esto facilitará el posterior pintado con pintura intumescente en comparación con otros tipos de perfiles comerciales.

Estas cerchas son una modificación del tipo de cercha francesa. Todos los pórticos interiores están agrupados excepto el pórtico interior P2, donde al solo disponer de un pilar, las dimensiones de los perfiles de su cercha serán mayores, debido a que la carga repartida en ellos es superior.

La tipología de los perfiles vendrán determinados en los planos correspondientes. En el *Anexo I* se podrá consultar un informe de las comprobaciones E.L.U de la barra más pésima (barra ubicada en la cercha del pórtico interior P2).

### **8.3. Cubierta y correas**

Para la cubierta de la nave se ha optado por montar una cubierta tipo sándwich de 80 mm de espesor. Estará formada por dos chapas de acero galvanizado con una ligera separación entre ambas chapas.

La separación existente entre ambas chapas se rellena con una inyección de espuma de poliuretano rígido, que sirve como aislante. Los paneles se colocarán sobre los faldones y se fijarán a las correas mediante pernos.

Debido a este tipo de panel sándwich elegido, el fabricante establece que las correas deben tener una separación entre ellas de 1,4 m. A efectos de cálculo se ha optado por seleccionar una correa del tipo IPE 140. Esta correa tiene un peso de  $0,09 \text{ kN/m}^2$  y su aprovechamiento es del 64,26 % en resistencia y 80,01% en cuanto a flecha. Estas comprobaciones se pueden consultar en los resultados del Anexo I.

### **8.4. Arriostramientos**

Las cruces de San Andrés irán colocadas en las fachadas delantera, trasera, laterales y en la cubierta. Con esta configuración (la cual quedará determinada en los planos correspondientes) todos los planos de nuestra nave adquirirán el grado de intraslacionalidad.

Los perfiles serán de tipo L fabricados en acero laminado. Al ser tirantes, sólo estarán sometidos a tracción por lo tanto el único esfuerzo aplicado en ellas será de tipo axil positivo.

### **8.5. Cerramientos laterales**

Los cerramientos laterales serán paneles prefabricados de hormigón que apoyaran sobre las vigas de atado de la cimentación. Estos paneles tendrán un peso de  $200 \text{ kg/m}^2$  según el catálogo del fabricante.

## 8.6. Placas de anclaje

Las placas de anclaje estarán unidas a la cimentación mediante pernos soldados. Los pernos son elegidos del tipo gancho a 180 grados para de esta forma tener un factor de reducción a la tracción de 0,7 y por tanto disminuir la longitud necesaria para estos pernos de anclaje. Según el tipo de placa de anclaje se colocarán 6 u 8 pernos y sus longitudes serán diferentes en función de los esfuerzos.

Se colocarán cartelas rigidizadoras según los diferentes tipos de placas de anclaje para así aumentar su rigidez. En el Anexo I podemos consultar las especificaciones y comprobaciones de la placa de anclaje del pilar pésimo.

## 9. Cimentaciones

La cimentación constituye el elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporte una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en este sean admisibles para la estructura.

En la obra se dispone de cimentaciones superficiales, las cuales se componen de zapatas aisladas excéntricas de hormigón armado unidas mediante vigas de atado o vigas centradoras.

### 9.1. Zapatas

Una zapata es un tipo de cimentación superficial (normalmente aislada), que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencias a compresión medias o altas. Consisten en un ancho prisma de hormigón situado bajo los pilares de la estructura. Su función es transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.

En la obra han sido agrupadas de la misma forma que las placas de anclaje. Las comprobaciones pertinentes se pueden consultar en el Anexo I.

## 9.2. Vigas de atado y vigas centradoras

Las vigas riostras, de atado o de arriostramiento, son piezas o elementos estructurales generalmente de hormigón armado o de cualquier elemento que pueda resistir tracciones, que unen dos o más cimientos o zapatas.

La finalidad de las vigas riostras es absorber las posibles acciones horizontales que pueden recibir los cimientos bien de la estructura bien del propio terreno, evitando de esta forma el desplazamiento horizontal relativo de uno respecto a otro.

El cálculo de las vigas riostras se realiza como pieza prismática de hormigón armado sometida a tracción simple o compuesta. La resistencia de la sección a tracción se confía exclusivamente a las fuerzas desarrolladas por sus armaduras. La función del hormigón es hacer trabajar solidariamente las armaduras y protegerlas de la corrosión.

El dimensionamiento de estas vigas será gran importancia para la estructura ya que como hemos comentado anteriormente, el cerramiento lateral descansará como carga distribuida a lo largo de estas.

El peso de nuestro cerramiento lateral es de 200 kg/m<sup>2</sup> y este cerramiento tendrá una altura de 10 m. Según la tabla 4.1 del Documento Básico de Seguridad Estructural, el coeficiente de mayoración debido al peso propio es de 1,35, por lo tanto el valor de sobrecarga de compactación del terreno será:

$$200 \cdot 10 \cdot 1,35 = 2700 \text{ kg/m} \rightarrow 26,48 \text{ kN/m}$$

Este será el valor de carga muerta lineal sobre las vigas de atado.

Los cálculos y comprobaciones se pueden consultar en el [Anexo I](#).



# **CAPÍTULO 3**

## **SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**



## 10. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

Las actividades de prevención del incendio tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo de fuego y las circunstancias que pueden desencadenar el incendio.

Las actividades de respuesta al incendio tendrán como finalidad controlar o luchar contra el incendio, para extinguirlo, y minimizar los daños o pérdidas que pueda generar.

En este apartado se van a definir las medidas mínimas según la reglamentación en vigor y se definirán también los elementos que las componen mediante la consulta con los diferentes apartados de la normativa y la realización de los cálculos necesarios para poder realizar dicha consulta.

Las características y cálculos realizados en este apartado del proyecto vendrán determinadas conforme a lo publicado en el reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, aprobado en el Real Decreto 2267/2004 del 3 de diciembre.

### 10.1. Ámbito de aplicación

De acuerdo con el artículo 3.1 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, se consideran industrias, a los efectos de la presente Ley, las actividades dirigidas a la obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos industriales, el envasado y embalaje, así como el aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos o subproductos, cualquiera que sea la naturaleza de los recursos y procesos técnicos utilizados.

Por lo tanto para el cálculo de la resistencia al fuego tendremos en cuenta el reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

## 10.2. Inspecciones periódicas

Con independencia de la función inspectora asignada a la Administración pública competente en materia de industria de la comunidad autónoma y de las operaciones de mantenimiento previstas en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, los titulares de los establecimientos industriales a los que sea de aplicación este reglamento deberán solicitar a un organismo de control facultado para la aplicación de este reglamento la inspección de sus instalaciones.

En esta inspección se comprobará:

- a) Que no se han producido cambios en la actividad ni ampliaciones.
- b) Que se sigue manteniendo la tipología del establecimiento, los sectores y/o áreas de incendio y el riesgo intrínseco de cada uno.
- c) Que los sistemas de protección contra incendios siguen siendo los exigidos y que se realizan las operaciones de mantenimiento conforme a lo recogido en el apéndice 2 del Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

### 10.2.1. Periodicidad

La periodicidad con que se realizarán dichas inspecciones no será superior a:

- a) Cinco años, para los establecimientos de riesgo intrínseco bajo.
- b) Tres años, para los establecimientos de riesgo intrínseco medio.
- c) Dos años, para los establecimientos de riesgo intrínseco alto.

De dichas inspecciones se levantará un acta, firmada por el técnico titulado competente del organismo de control que ha procedido a la inspección y por el titular o técnico del establecimiento industrial, quienes conservarán una copia.

### **10.3. Actuación en caso de incendio**

#### **10.3.1. Comunicación de incendios**

El titular del establecimiento industrial deberá comunicar al órgano competente de la comunidad autónoma, en el plazo máximo de 15 días, cualquier incendio que se produzca en el establecimiento industrial en el que concurra, al menos, una de las siguientes circunstancias:

- a) Que se produzcan daños personales que requieran atención médica externa.
- b) Que ocasione una paralización total de la actividad industrial.
- c) Que se ocasione una paralización parcial superior a 14 días de la actividad industrial.
- d) Que resulten daños materiales superiores a 30.000 euros.

#### **10.3.2. Investigación de incendios**

En todos aquellos incendios en los que concurran las circunstancias previstas en los párrafos a), b) o c) del artículo anterior, el órgano competente de la comunidad autónoma realizará una investigación detallada para tratar de averiguar sus causas, y dará traslado de ella al órgano directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Para la realización de dicha investigación, podrá requerir la ayuda de especialistas como el Cuerpo de Bomberos, organizaciones o técnicos competentes.

Todo ello, sin perjuicio del expediente sancionador que pudiera incoarse por supuestas infracciones reglamentarias y de las responsabilidades que pudieran derivarse si se verifica incumplimiento de la realización de las inspecciones reglamentarias requeridas en el capítulo III y/o de las operaciones de mantenimiento previstas en el apéndice 2 del Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

## 10.4. Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios

### 10.4.1. Establecimiento

Se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, edificio, zona de éste, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

Los establecimientos industriales se caracterizarán por:

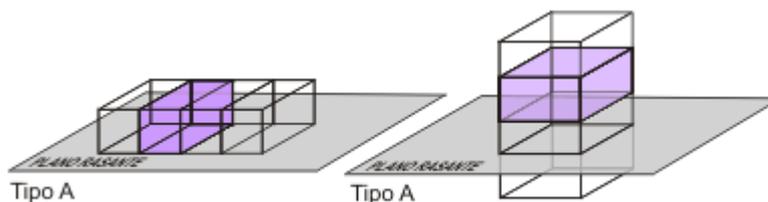
- a) Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
- b) Su nivel de riesgo intrínseco

### 10.4.2. Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación en relación con su entorno.

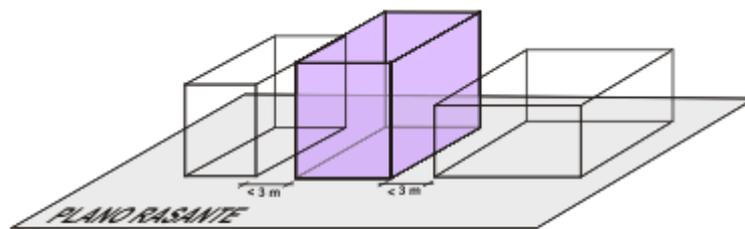
Las muy diversas configuraciones y ubicaciones que pueden tener los establecimientos industriales se consideran reducidas a:

- Establecimientos industriales ubicados en un edificio:

**TIPO A:** El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya de otros usos.



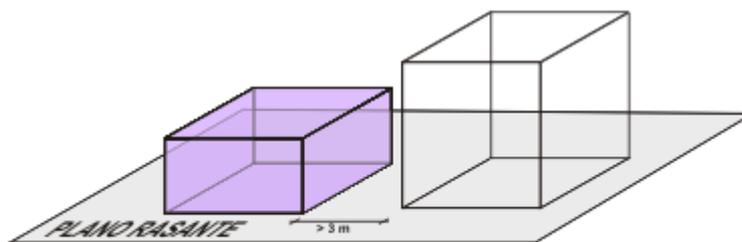
**TIPO B:** El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.



Tipo B

Para establecimientos industriales que ocupen una nave adosada con estructura compartida con las contiguas, que en todo caso deberán tener cubierta independiente, se admitirá el cumplimiento de las exigencias correspondientes al tipo B, siempre que se justifique técnicamente que el posible colapso de la estructura no afecte a las naves colindantes.

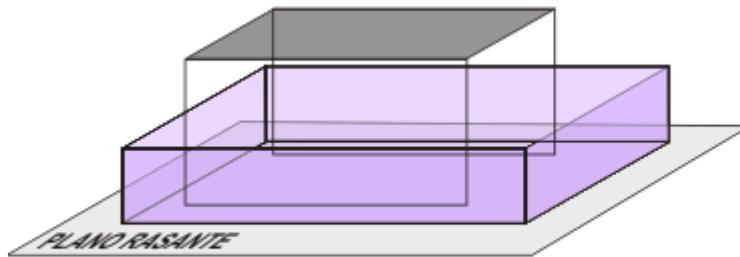
**TIPO C:** El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.



Tipo C

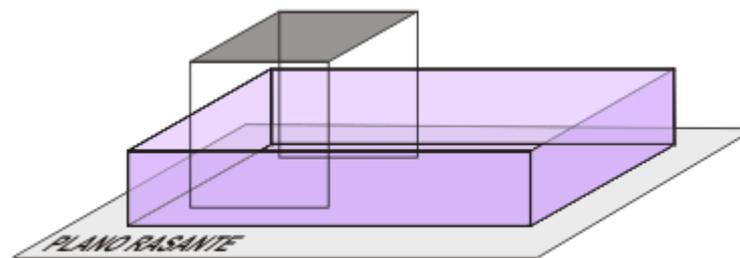
- Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio:

**TIPO D:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.



Tipo D

**TIPO E:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de sus fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.



Tipo E

Cuando la caracterización de un establecimiento industrial o una parte de este no coincida exactamente con alguno de los tipos definidos en los apartados anteriores, se considerará que pertenece al tipo con que mejor se pueda equiparar o asimilar justificadamente.

En un establecimiento industrial pueden coexistir diferentes configuraciones, por lo se deberán aplicar los requisitos de este reglamento de forma diferenciada para cada una de ellas.

*Una vez descritos los distintos tipos en los que podemos catalogar el edificio, podemos concluir que estamos ante un TIPO C, ya que es una parcela aislada y el establecimiento ocupa totalmente el edificio.*

### 10.4.3. Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.

Los establecimientos industriales se clasifican, según su grado de riesgo intrínseco, atendiendo a los criterios simplificados y según los procedimientos que se indican a continuación.

Los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E. Cada una de estas configuraciones constituirá una o varias zonas (sectores o áreas de incendio) del establecimiento industrial.

1. Para los tipos A, B y C se considera "sector de incendio" el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.
2. Para los tipos D y E se considera que la superficie que ocupan constituye un "área de incendio" abierta, definida solamente por su perímetro.

El nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio se evaluará:

Calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector o área de incendio:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a \text{ ( MJ / m}^2 \text{ ) o ( Mcal / m}^2 \text{ )}$$

Donde:

$Q_s$  = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.

$G_i$  = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

$Q_i$  = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

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

**Ra** = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.

Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación (**Ra**) el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

**A** = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m<sup>2</sup>. Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, **C<sub>i</sub>**, de cada combustible pueden deducirse de la tabla 1.1, del Catálogo CEA de productos y mercancías, o de tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse.

**TABLA 1.1**  
**GRADO DE PELIGROSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES**

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C <sub>i</sub>		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1</li> <li>- Líquidos clasificados como subclase B<sub>1</sub>, en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C.</li> <li>- Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.</li> <li>- Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como subclase B<sub>2</sub> en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.</li> <li>- Sólidos que emiten gases inflamables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.</li> </ul>
C <sub>i</sub> = 1,60	C <sub>i</sub> = 1,30	C <sub>i</sub> = 1,00

*Los materiales utilizados en el proceso de fabricación de las baldosas cerámicas son sólidos que pueden emitir gases inflamable, por lo tanto el grado de peligrosidad por combustibilidad será medio con un valor de C<sub>i</sub>= 1,30.*

Como alternativa a la fórmula anterior se puede evaluar la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida,  $Q_s$ , del sector de incendio aplicando las siguientes expresiones.

Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

$Q_s$ ,  $C_i$ ,  $R_a$  y  $A$  tienen la misma significación que en el apartado anterior.

$q_{si}$  = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.

$S_i$  = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego,  $q_{si}$  diferente, en m<sup>2</sup>.

Para actividades de almacenamiento:

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

Donde:

$Q_s$ ,  $C_i$ ,  $R_a$  y  $A$  tienen la misma significación que en el apartado anterior.

$q_{vi}$  = carga de fuego, aportada por cada m<sup>3</sup> de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m<sup>3</sup> o Mcal/m<sup>3</sup>.

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

$s_i$  = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m<sup>2</sup>.

Los valores de la carga de fuego, por metro cúbico  $q_{vi}$ , aportada por cada uno de los combustibles, pueden obtenerse de la tabla 1.2.

En un mismo sector pueden coexistir zonas de almacenamiento con zonas de producción, en ese caso, para calcular la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida,  $Q_s$ , del sector de incendio, se puede aplicar la fórmula dada en el apartado anterior o bien se puede aplicar una combinación de las fórmulas presentadas.

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{s_i} S_i C_i + \sum_j q_{v_j} C_j h_j S_j}{A} R_a$$

Observando en la tabla 1.2 (Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociado,  $R_a$ ) del reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, para la zona de almacenamiento escogeremos el apartado de aparatos domésticos obtenemos los siguientes valores:

$q_v$		$R_a$
$\text{MJ/m}^3$	$\text{Mcal/m}^3$	
200	48	1,0

El área de almacenamiento tendrá una extensión de  $S_i = 840 \text{ m}^2$ .

Por criterios de diseño se ha decidido que la altura de cada una de las baldas de la estantería en la que se almacenarán los aparatos domésticos sea de 1,2 metros.

En cuanto a la zona de producción la tabla 1.2 dice que en cuanto a la fabricación y venta de artículos de cerámica se tiene los siguientes valores:

$q_s$		$R_a$
$\text{MJ/m}^2$	$\text{Mcal/m}^2$	
200	48	1,0

El área de producción tendrá una extensión de  $S_i = 1260 \text{ m}^2$ .

Una vez ya tenemos todos los valores claros aplicamos la fórmula enunciada anteriormente y calculamos con ella la densidad de la carga de fuego, obteniendo un valor:

$Q_s$	
$\text{MJ/m}^3$	$\text{Mcal/m}^3$
280,8	67,39

**TABLA 1.2**  
 VALORES DE DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO MEDIA DE DIVERSOS PROCESOS INDUSTRIALES, DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS Y RIESGO DE ACTIVACIÓN ASOCIADO, Ra

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	q <sub>s</sub>		Ra	q <sub>v</sub>		Ra
	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>		MJ/m <sup>3</sup>	Mcal/m <sup>3</sup>	
Aluminio, producción de	40	10	1,0			
Aluminio, trabajo de	200	48	1,0			
Antigüedades, venta de	700	168	1,5			
Aparatos de radio, fabricación	300	72	1,0	200	48	1,0
Aparatos de radio, venta	400	96	1,0			
Aparatos de televisión	300	72	1,0	200	48	1,0
Aparatos domésticos	300	72	1,0	200	48	1,0

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	q <sub>s</sub>		Ra	q <sub>v</sub>		Ra
	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>		MJ/m <sup>3</sup>	Mcal/m <sup>3</sup>	
Cera				3.400	817	2,0
Cera, artículos de	1.300	313	2,0	2.100	505	2,0
Cera, venta de artículos de	2.100	505	2,0			
Cerámica, artículos de	200	48	1,0			

Una vez calculada la densidad de carga de fuego, comparando los resultados obtenidos con los valores especificados en la tabla 1.3 del reglamento mencionado con anterioridad, podemos decir que el edificio estaría catalogado con un **NIVEL DE RIESGO INTRINSECO 1, BAJO**.

**TABLA 1.3**

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

### 10.5. Sectorización de los establecimientos industriales.

Todo establecimiento industrial constituirá, al menos, un sector de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo A, tipo B o tipo C, o constituirá un área de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo D o tipo E.

La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio será la que se indica en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1**  
**MÁXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE DE CADA SECTOR DE INCENDIO**

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

*Para nuestro caso (TIPO C y riesgo 1) no tenemos límite de metros en la sectorización de la nave, por lo que consideramos toda la nave como un único sector de incendio.*

## 10.6. Materiales

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado “CE”.

Las condiciones de reacción al fuego aplicable a los elementos constructivos se justificarán:

- a) Mediante la clase que figura en cada caso, en primer lugar, conforme a la nueva clasificación europea.
- b) Mediante la clase que figura en segundo lugar entre paréntesis, conforme a la clasificación que establece la norma UNE-2372.

Los productos de construcción cuya clasificación conforme a la norma UNE 23727:1990 sea válida para estas aplicaciones podrán seguir siendo utilizados después de que finalice su período de coexistencia, hasta que se establezca una nueva regulación de la reacción al fuego para dichas aplicaciones basada en sus escenarios de riesgo específicos. Para poder acogerse a esta posibilidad, los productos deberán acreditar su clase de reacción al fuego conforme a la normativa 23727:1990 mediante un sistema de evaluación de la conformidad equivalente al correspondiente al del mercado “CE” que les sea aplicable.

## 10.7. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes.

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se definen por el tiempo en minutos, durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica (o capacidad portante) en el ensayo normalizado conforme a la norma correspondiente de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión.

La estabilidad ante al fuego, exigible a los elementos constructivos portantes en los sectores de incendio de un establecimiento industrial, puede determinarse:

- Mediante la adopción de los valores que se establecen en este apartado siguiente o más favorable.
- Por procedimientos de cálculo, analítico o numérico, de reconocida solvencia o justificada validez.

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante y escaleras que sean recorrido de evacuación no tendrá un valor inferior al indicado en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2**

**ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES**

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF - 180)	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)

**Tabla 2.3**

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R 30 (EF-30)

**Tabla 2.4**

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

**Nota:** cuando, de acuerdo con la tabla 2.3 o la tabla 2.4, esté permitido no justificar la estabilidad al fuego de la estructura, deberá señalizarse en el acceso principal del edificio para que el personal de los servicios de extinción tenga conocimiento de esta particularidad.

En los establecimientos industriales de una sola planta, o con zonas administrativas en más de una planta pero compartimentadas del uso industrial según su reglamentación específica, situados en edificios de tipo C, separados al menos 10 m de límites de parcelas con posibilidad de edificar en ellas, no será necesario justificar la estabilidad al fuego de la estructura.

### **10.8. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento.**

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador) se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones, durante el ensayo normalizado conforme a la norma que corresponda de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión:

- a) Capacidad portante R.
- b) Integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- c) Aislamiento térmico I.

Estos tres supuestos se consideran equivalentes en los especificados en la norma UNE 23093.

- a) Estabilidad mecánica (o capacidad portante).
- b) Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- c) No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.
- d) Aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establece la norma correspondiente

Todos los huecos, horizontales o verticales, que comuniquen un sector de incendio con un espacio exterior a él deben ser sellados de modo que mantengan una resistencia al fuego que no será menor de:

- a) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de compuertas de canalizaciones de aire de ventilación, calefacción o acondicionamiento de aire.
- b) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de mazos o bandejas de cables eléctricos.
- c) Un medio de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos no inflamables ni combustibles.

d) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos inflamables o combustibles.

e) Un medio de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de tapas de registro de patinillos de instalaciones.

f) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de cierres practicables de galerías de servicios comunicadas con el sector de incendios.

g) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de compuertas o pantallas de cierre automático de huecos verticales de manutención, descarga de tolvas o comunicación vertical de otro uso.

### 10.9. Evacuación de los establecimientos industriales

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación,  $P$ , deducida de las siguientes expresiones:

$$P = 1,10 p, \text{ cuando } p < 100.$$

$$P = 110 + 1,05 (p - 100), \text{ cuando } 100 < p < 200.$$

$$P = 215 + 1,03 (p - 200), \text{ cuando } 200 < p < 500.$$

$$P = 524 + 1,01 (p - 500), \text{ cuando } 500 < p.$$

Donde  $p$  representa el número de personas que ocupa el sector de incendio, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

Los valores obtenidos para  $P$ , según las anteriores expresiones, se redondearán al entero inmediatamente superior.

*En este caso tenemos 50 personas trabajando en planta, por lo tanto el valor de la ocupación será:*

$$P = 55$$

Elementos de la evacuación: origen de evacuación, recorridos de evacuación, altura de evacuación, rampas, ascensores, escaleras mecánicas, rampas y pasillos móviles y salidas se definen de acuerdo con el artículo 7 de la NBECPI/96, apartado 7.1, subapartados 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, 7.1.4, 7.1.5 y 7.1.6, respectivamente.

### **10.9.1. Origen de la evacuación**

Es todo punto ocupable de un edificio, exceptuando los del interior de las viviendas, y los de todo recinto, o conjunto de ellos comunicados entre sí, en los que la densidad de ocupación no exceda de 1 persona/10 m<sup>2</sup> y cuya superficie total no exceda de 50 m<sup>2</sup>, como pueden ser las habitaciones de hotel, residencia u hospital, los despachos de oficinas, etc.

Los puntos ocupables de todos los locales de riesgo especial y los de las zonas de ocupación nula cuya superficie exceda de 50 m<sup>2</sup>, se consideran origen de evacuación y deben cumplir los límites que se establecen para la longitud de los recorridos de evacuación hasta las salidas de dichos espacios, cuando se trate de zonas de riesgo especial, y, en todo caso, hasta las salidas de planta, pero no es preciso tomarlos en consideración a efectos de determinar la altura de evacuación de un edificio o el número de ocupantes.

### **10.9.2. Recorrido de evacuación**

Recorrido que conduce desde un origen de evacuación hasta una salida de planta, situada en la misma planta considerada o en otra, o hasta una salida de edificio. Conforme a ello, una vez alcanzada una salida de planta, la longitud del recorrido posterior no computa a efectos del cumplimiento de los límites a los recorridos de evacuación.

La longitud de los recorridos por pasillos, escaleras y rampas, se medirá sobre el eje de los mismos. No se consideran válidos los recorridos por escaleras mecánicas, ni aquellos en los que existan tornos u otros elementos que puedan dificultar el paso. Los recorridos por rampas y pasillos móviles se consideran válidos cuando no sea posible su utilización por personas que trasladen carros para el transporte de objetos y estén provistos de un dispositivo de parada que pueda activarse bien manualmente, o bien automáticamente por un sistema de detección y alarma.

Los recorridos que tengan su origen en zonas habitables o de uso Aparcamiento no pueden atravesar las zonas de riesgo especial. Los recorridos desde zonas habitables sí pueden atravesar las de uso Aparcamiento cuando sean recorridos alternativos a otros no afectados por dicha circunstancia.

Excepto en el caso de los aparcamientos, de las zonas de ocupación nula y de las zonas ocupadas únicamente por personal de mantenimiento o de control de servicios, no se consideran válidos los recorridos de evacuación que precisen salvar, en sentido ascendente, una altura mayor que 4 m.

### 10.9.3. Recorridos de evacuación alternativos

Se considera que dos recorridos de evacuación que conducen desde un origen de evacuación hasta dos salidas de planta o de edificio diferentes son alternativos cuando en dicho origen forman entre un ángulo mayor que  $45^\circ$  o bien están separados por elementos constructivos que sean  $E \geq 30$  e impidan que ambos recorridos puedan quedar simultáneamente bloqueados por el humo.

### 10.9.4. Espacio exterior seguro

Es aquel en el que se puede dar por finalizada la evacuación de los ocupantes del edificio, debido que cumple las siguientes condiciones:

1. Permite la dispersión de los ocupantes que abandonan el edificio, en condiciones de seguridad.
2. Se puede considerar que dicha condición se cumple cuando el espacio exterior tiene, delante cada salida de edificio que comunique con él, una superficie de al menos  $0,5P$   $m^2$  dentro de zona delimitada con un radio  $0,1P$  m de distancia desde la salida de edificio, siendo P el número de ocupantes cuya evacuación esté prevista por dicha salida. Cuando P no exceda de 50 personas no es necesario comprobar dicha condición.

*En este caso particular, el valor de P no excederá de 50 personas, por lo tanto no es necesario realizar la comprobación anterior.*

3. Si el espacio considerado no está comunicado con la red viaria o con otros espacios abiertos no puede considerarse ninguna zona situada a menos de 15 m de cualquier parte del edificio, excepto cuando esté dividido en sectores de incendio estructuralmente independientes entre sí con salidas también independientes al espacio exterior, en cuyo caso dicha distancia se podrá aplicar únicamente respecto del sector afectado por un posible incendio.
4. Permite una amplia disipación del calor, del humo y de los gases producidos por el incendio.
5. Permite el acceso de los efectivos de bomberos y de los medios de ayuda a los ocupantes que, en cada caso, se consideren necesarios.
6. La cubierta de un edificio se puede considerar como espacio exterior seguro siempre que, además de cumplir las condiciones anteriores, su estructura sea totalmente independiente de la del edificio con salida a dicho espacio y un incendio no pueda afectar simultáneamente a ambos.

### 10.9.5. Salida del edificio

Puerta o hueco de salida a un espacio exterior seguro. En el caso de establecimientos situados en áreas consolidadas y cuya ocupación no exceda de 500 personas puede admitirse como salida de edificio aquella que comunique con un espacio exterior que disponga de dos recorridos alternativo que no excedan de 50 m hasta dos espacios exteriores seguro

### 10.9.6. Número y disposición de salidas

Las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio de los establecimientos industriales no superarán los valores indicados en el siguiente cuadro y prevalecerán sobre las establecidas en el artículo 7.2 de la NBE/CPI/96:

Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m

(\*) Para actividades de producción o almacenamiento clasificadas como riesgo bajo nivel 1, en las que se justifique que los materiales implicados sean exclusivamente de clase A y los productos de construcción, incluidos los revestimientos, sean igualmente de clase A, podrá aumentarse la distancia máxima de recorridos de evacuación hasta 100 m.

*En este caso particular, el recorrido de evacuación, calculado desde el punto más desfavorable será siempre menor de 50 m, por lo tanto se cumple con la normativa establecida para los edificios de riesgo bajo con más de una salida alternativa.*

## 10.10. Dimensionado de los medios de evacuación

### 10.10.1. Criterios para la asignación de los ocupantes

- Cuando en un recinto, en una planta o en el edificio deba existir más de una salida, la distribución de los ocupantes entre ellas a efectos de cálculo debe hacerse suponiendo inutilizada una de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable.
- A efectos del cálculo de la capacidad de evacuación de las escaleras y de la distribución de los ocupantes entre ellas, cuando existan varias, no es preciso suponer inutilizada en su totalidad alguna de las escaleras protegidas existentes. En cambio, cuando existan varias escaleras no protegidas, debe considerarse inutilizada en su totalidad alguna de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable.
- En la planta de desembarco de una escalera, el flujo de personas que la utiliza deberá añadirse a la salida de planta que les corresponda, a efectos de determinar la anchura de esta. Dicho flujo deberá estimarse, o bien en  $160 A$  personas, siendo  $A$  la anchura, en metros, del desembarco de la escalera, o bien en el número de personas que utiliza la escalera en el conjunto de las plantas, cuando este número de personas sea menor que  $160A$ .

### 10.10.2. Cálculo

El dimensionado de los elementos de evacuación debe realizarse conforme a lo que se indica en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Dimensionado de los elementos de la evacuación**

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200^{(1)} \geq 0,80 \text{ m}^{(2)}$ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00 \text{ m}^{(3)(4)(5)}$
Pasos entre filas de asientos fijos en salas para público tales como cines, teatros, auditorios, etc. <sup>(6)</sup>	En filas con salida a pasillo únicamente por uno de sus extremos, $A \geq 30$ cm cuando tengan 7 asientos y 2,5 cm más por cada asiento adicional, hasta un máximo admisible de 12 asientos.  En filas con salida a pasillo por sus dos extremos, $A \geq 30$ cm en filas de 14 asientos como máximo y 1,25 cm más por cada asiento adicional. Para 30 asientos o más: $A \geq 50 \text{ cm}^{(7)}$  Cada 25 filas, como máximo, se dispondrá un paso entre filas cuya anchura sea 1,20 m, como mínimo.
Escaleras no protegidas <sup>(8)</sup>	
para evacuación descendente	$A \geq P / 160^{(9)}$
para evacuación ascendente	$A \geq P / (160-10h)^{(9)}$
Escaleras protegidas	$E \leq 3 S + 160 A_S^{(9)}$
Pasillos protegidos	$P \leq 3 S + 200 A^{(9)}$
En zonas al aire libre:	
Pasos, pasillos y rampas	$A \geq P / 600^{(10)}$
Escaleras	$A \geq P / 480^{(10)}$

A= Anchura del elemento, [m]

$A_S$ = Anchura de la *escalera protegida* en su desembarco en la planta de *salida del edificio*, [m]

h= *Altura de evacuación ascendente*, [m]

P= Número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.

E= Suma de los ocupantes asignados a la escalera en la planta considerada más los de las plantas situadas por debajo o por encima de ella hasta la planta de salida del edificio, según se trate de una escalera para evacuación descendente o ascendente, respectivamente. Para dicha asignación solo será necesario aplicar la hipótesis de bloqueo de salidas de planta indicada en el punto 4.1 en una de las plantas, bajo la hipótesis más desfavorable;

S= *Superficie útil* del recinto, o bien de la *escalera protegida* en el conjunto de las plantas de las que provienen las P personas, incluyendo la superficie de los tramos, de los rellanos y de las mesetas intermedias o bien del pasillo protegido.

*En este caso particular, las zonas que más restringen la superficie serán las puertas de las oficinas que tendrán una anchura de 1 m y los pasillos en la zona de almacenamiento los cuales tendrán una anchura superior a 2 metros, por lo tanto nos encontramos dentro de los límites establecidos.*

### 10.11. Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión

La eliminación de los humos y gases de la combustión, y, con ellos, del calor generado, de los espacios ocupados por sectores de incendio de establecimientos industriales debe realizarse de acuerdo con la tipología del edificio en relación con las características que determinan el movimiento del humo.

*En este caso particular, nos encontramos ante un grado de riesgo intrínseco bajo, por tanto no se requiere de sistema de evacuación de humos. Dicha evacuación se realizará de forma natural por las distintas puertas y huecos repartidos a lo largo de la nave.*

### 10.12. Almacenamientos

Los almacenamientos se caracterizan por los sistemas de almacenaje, cuando se realizan en estanterías metálicas. Se clasifican en autoportantes o independientes, que, en ambos casos, podrán ser automáticos y manuales.

- Sistema de almacenaje autoportante. Soportan, además de la mercancía almacenada, los cerramientos de fachada y la cubierta, y actúan como una estructura de cubierta.
- Sistema de almacenaje independiente. Solamente soportan la mercancía almacenada y son elementos estructurales desmontables e independientes de la estructura de cubierta.
- Sistema de almacenaje automático. Las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante una operativa automática, sin presencia de personas en el almacén
- Sistema de almacenaje manual. Las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante operativa manual, con presencia de personas en el almacén.

Sistema de almacenaje en estanterías metálicas. Requisitos:

- Los materiales de bastidores, largueros, paneles metálicos, cerchas, vigas, pisos metálicos y otros elementos y accesorios metálicos que componen el sistema deben ser de acero de la clase A1 (M0) (ver apartado 3 de este anexo).

- Los revestimientos pintados con espesores inferiores a 100  $\mu$  deben ser de la clase Bs3d0 (M1). Este revestimiento debe ser un material no inflamable, debidamente acreditado por un laboratorio autorizado mediante ensayos realizados según norma.
- Los revestimientos zincados con espesores inferiores a 100 $\mu$  deben ser de la clase Bs3d0 (M1).

Los sistemas de almacenaje en estanterías metálicas operadas manualmente deben cumplir los requisitos siguientes:

- a) En el caso de disponer de sistema de rociadores automáticos, respetar las holguras para el buen funcionamiento del sistema de extinción.
- b) Las dimensiones de las estanterías no tendrán más limitación que la correspondiente al sistema de almacenaje diseñado.
- c) Los pasos longitudinales y los recorridos de evacuación deberán tener una anchura libre igual o mayor que un m.
- d) Los pasos transversales entre estanterías deberán estar distanciados entre sí en longitudes máximas de 10m para almacenaje manual y 20m para almacenaje mecanizado, longitudes que podrán duplicarse si la ocupación en la zona de almacén es inferior a 25 personas. El ancho de los pasos será igual al especificado en el párrafo c).

Los sistemas de almacenaje en estanterías metálicas operadas automáticamente deben cumplir los párrafos a) y b) del apartado anterior, además de los requisitos siguientes:

- a) Estar ancladas sólidamente al suelo.
- b) Disponer de toma de tierra.
- c) Desde la parte superior de la mercancía almacenada deberá existir un hueco mínimo libre hasta el techo de 1 m.

*En este caso particular, al disponer de un puente grúa en nuestra zona de almacenamiento, los sistemas de almacenaje en estanterías podrán ser manuales y/o automáticos. Por lo tanto deberá satisfacer los requisitos en cuanto a estanterías metálicas de ambos tipos.*

### **10.13. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios**

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel.

Asimismo deberán cumplir la Directiva Europea de Productos de la Construcción desarrollada a través del Real Decreto 1630/92 y posteriores resoluciones. En estas resoluciones se recogen las referencias de normas armonizadas, periodos de coexistencia y entrada en vigor del marcado CE.

Los instaladores y mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios, a que se refiere el apartado anterior, cumplirán los requisitos que, para ellos, establece el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y disposiciones que lo complementan

#### **10.13.1. Sistemas automáticos de detección de incendios**

Sistema que permite detectar un incendio en el tiempo más corto posible y emitir las señales de alarma y de localización adecuadas para que puedan adoptarse las medidas apropiadas. Puede transmitir una señal de alarma de incendio, por ejemplo:

- a dispositivos de alarma de incendio visuales o audiovisuales.
- a un servicio de bomberos, mediante un dispositivo de transmisión de alarma de incendio.
- a un equipo automático de control o de lucha contra incendios, mediante un dispositivo de control de los sistemas automáticos de protección y de lucha contra incendios.

Se instalarán sistemas automáticos de detección de incendios en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

Actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento si:

Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m<sup>2</sup> o superior.

- 1º. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2.000 m<sup>2</sup> o superior.
- 2º. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1.000 m<sup>2</sup> o superior.
- 3º. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 3.000 m<sup>2</sup> o superior.
- 4º. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2.000 m<sup>2</sup> o superior.

Actividades de almacenamiento si:

- 1º. Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 150 m<sup>2</sup> o superior.
- 2º. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1.000 m<sup>2</sup> o superior.
- 3º. Están ubicados en edificios tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m<sup>2</sup> o superior.
- 4º. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1.500 m<sup>2</sup> o superior.
- 5º. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m<sup>2</sup> o superior.

*En este caso particular el edificio está catalogado como tipo C y riesgo intrínseco bajo, por lo tanto la norma establece que no es necesaria la colocación de un sistema automático de detección de incendios.*

### 10.13.2. Sistemas manuales de alarma de incendio

Se instalarán sistemas manuales de alarma de incendio en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

- a) Actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento, si:
  - 1º. Su superficie total construida es de 1.000 m<sup>2</sup> o superior, o
  - 2º. No se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios, según el apartado 3.1 de este anexo.
  
- b) Actividades de almacenamiento, si:
  - 1º. Su superficie total construida es de 800 m<sup>2</sup> o superior, o
  - 2º. No se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios.

*En este caso particular el edificio está catalogado como tipo C y se dispone de un área superior a la citada en cuanto a actividades de producción así como tampoco se dispone de sistemas automáticos de detección. Por lo tanto la norma establece que se precisa de una instalación manual de alarma.*

Se instalarán pulsadores de alarma de incendio con las siguientes características:

- Estarán protegidos para evitar falsas alarmas con una protección fácil de romper.
- Se instalará un pulsador en cada salida de emergencia.
- La distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.

### 10.13.3. Sistemas de hidrantes exteriores

Se instalará un sistema de hidrantes exteriores si:

- a) Lo exigen las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas.
- b) Concurren las circunstancias que se reflejan en la tabla siguiente (Tabla 3.1):

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

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

*En este caso particular el edificio está catalogado como tipo C y el riesgo intrínseco es de grado bajo, por lo tanto no será necesaria la colocación de hidrantes exteriores.*

#### 10.13.4. Extintores de incendio

Se dispondrán de extintores de polvo seco polivalente ABC. Estos se distribuirán según los planos correspondientes y cumplirán las siguientes características:

- Un extintor para los primeros 600 m<sup>2</sup> y uno más por cada 200 m<sup>2</sup>.
- El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m.
- Siempre que sea posible estarán por encima de 1,7 m del suelo.
- La eficiencia mínima será de 21A-113BC.

En cuanto a la señalización de los extintores se utilizarán paneles de poliestireno fotoluminiscente de 420x420mm de dimensión cuya distancia de observación es de 20m.

TABLA 3.1

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

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)

#### **10.13.5. Sistemas de bocas de incendio equipadas**

Al tener un edificio de tipo C, con un riesgo intrínseco bajo, no es necesario tener sistemas de bocas de incendio equipadas.

#### **10.13.6. Sistemas de columna seca**

Según la normativa, los sistemas de columna seca solo son necesarios en el caso de que la altura del edificio sea superior a 15 m, por lo tanto, en nuestro caso no es de aplicación debido a que nuestra altura máxima es de 12,5 m.

#### **10.13.7. Sistemas de rociadores automáticos de agua**

Según lo establecido en los edificios catalogados con un nivel de riesgo intrínseco bajo, no es necesario poner rociadores automáticos de agua, por lo que en este caso, no utilizaremos.

#### **10.13.8. Sistemas de alumbrado de emergencia**

Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación los sectores de incendio de los edificios industriales cuando:

- Estén situados en planta bajo rasante.
- Estén situados en cualquier planta sobre rasante, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 10 personas y sean de riesgo intrínseco medio o alto.
- En cualquier caso, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 25 personas.

Al tener una ocupación estimada de 50 personas será necesaria la implantación de sistemas de alumbrado de emergencia.

La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:

- Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 por ciento de su tensión nominal de servicio.
- Mantendrá las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- Proporcionará una iluminancia de un lux, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.
- La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal, que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.
- Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.



# **CAPÍTULO 4**

## **PRESUPUESTO**



## 11. CÁLCULO DEL COSTE ECONÓMICO

### 11.1. Acondicionamiento del terreno

#### Presupuesto parcial nº 1 Acondicionamiento del terreno

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	M <sup>2</sup>	Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.			
		Total m <sup>2</sup> .....	5.000,000	0,75	3.750,00

Total presupuesto parcial nº 1 Acondicionamiento del terreno : **3.750,00**

### 11.2. Cimentaciones

#### Presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe			
2.1	M <sup>3</sup>	Excavación a cielo abierto en suelo de arcilla semidura, con medios manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zapatas tipo 1	7	5,750	2,900	1,350	157,579	
		Zapatas tipo 2	4	5,750	2,900	1,300	86,710	
		Zapatas tipo 3	4	4,950	2,450	1,150	55,787	
		Zapatas tipo 4	6	4,600	2,350	1,050	68,103	
		Zapatas tipo 5	2	4,000	2,050	0,900	14,760	
		Zapatas tipo 6	4	2,200	2,200	0,900	17,424	
		Vigas de atado		44,500	0,400	0,400	7,120	
		Vigas centradoras		21,600	0,400	0,600	5,184	
							412,667	412,667
		Total m <sup>3</sup> .....					412,667	23,40
								9.656,41

**Presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
<b>2.2</b>	<b>M²</b>	<b>Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Zapatas tipo 1			7	5,750	2,900	0,100	11,673	
Zapatas tipo 2			4	5,750	2,900	0,100	6,670	
Zapatas tipo 3			4	4,950	2,450	0,100	4,851	
Zapatas tipo 4			6	4,600	2,350	0,100	6,486	
Zapatas tipo 5			2	4,000	2,050	0,100	1,640	
Zapatas tipo 6			4	2,200	2,200	0,100	1,936	
Vigas de atado				44,500	0,400	0,100	1,780	
Vigas centradoras				21,600	0,400	0,100	0,864	
							35,900	35,900
					<b>Total m² .....</b>	<b>35,900</b>	<b>6,93</b>	<b>248,79</b>

<b>2.3</b>	<b>M³</b>	<b>Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, cuantía 50 kg/m³, sin incluir encofrado.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Zapatas tipo 1			7	5,750	2,900	1,350	157,579	
Zapatas tipo 2			4	5,750	2,900	1,300	86,710	
Zapatas tipo 3			4	4,950	2,450	1,150	55,787	
Zapatas tipo 4			6	4,600	2,350	1,050	68,103	
Zapatas tipo 5			2	4,000	2,050	0,900	14,760	
Zapatas tipo 6			4	2,200	2,200	0,900	17,424	
							400,363	400,363
					<b>Total m³ .....</b>	<b>400,363</b>	<b>136,36</b>	<b>54.593,50</b>

**Presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
2.4	M <sup>3</sup>	Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 60 kg/m <sup>3</sup> , sin incluir encofrado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Vigas de atado		44,500	0,400	0,400	7,120	
							7,120	7,120
		<b>Total m<sup>3</sup> .....:</b>				<b>7,120</b>	<b>145,58</b>	<b>1.036,53</b>
2.5	M <sup>3</sup>	Viga centradora de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 60 kg/m <sup>3</sup> , sin incluir encofrado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Vigas centradoras		21,600	0,400	0,600	5,184	
							5,184	5,184
		<b>Total m<sup>3</sup> .....:</b>				<b>5,184</b>	<b>145,58</b>	<b>754,69</b>
2.6	M <sup>2</sup>	Solera de hormigón armado de 20 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con bomba, extendido y vibrado mecánico, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 sobre separadores homologados.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Solera de asiento de la nave industrial		70,000	30,000		2.100,000	
							2.100,000	2.100,000
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>				<b>2.100,000</b>	<b>22,62</b>	<b>47.502,00</b>

**Total presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones : 113.791,92**

### 11.3. Estructuras

#### Presupuesto parcial nº 3 Estructuras

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
<b>3.1</b>	<b>Kg</b>	<b>Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.</b>						
			Peso	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Perfiles IPE 330	137,59				137,590	
		Perfiles IPE 360	6.852,82				6.852,820	
		Perfiles IPE 400	1.658,31				1.658,310	
		Perfiles IPE 450	10.858,12				10.858,120	
		Perfiles IPE 500	910,6				910,600	
							20.417,440	20.417,440
		<b>Total kg .....</b>				<b>20.417,440</b>	<b>2,10</b>	<b>42.876,62</b>
<b>3.2</b>	<b>Kg</b>	<b>Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.</b>						
			Peso	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Perfiles tipo IPE	6.295,07				6.295,070	
		Perfil tubular tipo RHS	20.563,41				20.563,410	
		Perfil de arriostramientos tipo L	1.084,83				1.084,830	
							27.943,310	27.943,310
		<b>Total kg .....</b>				<b>27.943,310</b>	<b>2,10</b>	<b>58.680,95</b>
<b>3.3</b>	<b>M</b>	<b>Acero laminado S-275, en perfiles laminados en caliente HEB 300 para viga carrilera del puente grúa; i/p.p. de soldaduras, tornillería, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de intumescente, montado y colocado, según NTE- EAS/EAV y CTE-DBSE-A.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Viga carrilera derecha		28,000			28,000	
		Viga carrilera izquierda		28,000			28,000	
							56,000	56,000
		<b>Total m .....</b>		<b>56,000</b>			<b>245,70</b>	<b>13.759,20</b>

**Presupuesto parcial nº 3 Estructuras**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
<b>3.4</b>	<b>Ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 450x650 mm y espesor 22 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 25 mm de diámetro y 45 cm de longitud total.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Placa de anclaje Tipo 1	4				4,000	
							4,000	4,000
		<b>Total Ud .....:</b>				<b>4,000</b>	<b>112,83</b>	<b>451,32</b>
<b>3.5</b>	<b>Ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 400x600 mm y espesor 22 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 50 cm de longitud total.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Placa de anclaje Tipo 2	6				6,000	
							6,000	6,000
		<b>Total Ud .....:</b>				<b>6,000</b>	<b>90,26</b>	<b>541,56</b>
<b>3.6</b>	<b>Ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 500x800 mm y espesor 30 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 32 mm de diámetro y 65 cm de longitud total.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Placa de anclaje Tipo 3	1				1,000	
							1,000	1,000
		<b>Total Ud .....:</b>				<b>1,000</b>	<b>212,28</b>	<b>212,28</b>
<b>3.7</b>	<b>Ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 450x700 mm y espesor 25 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 25 mm de diámetro y 60 cm de longitud total.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Placa de anclaje Tipo 4	14				14,000	
							14,000	14,000
		<b>Total Ud .....:</b>				<b>14,000</b>	<b>148,20</b>	<b>2.074,80</b>

Presupuesto parcial nº 3 Estructuras

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
<b>3.8</b>	<b>Ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 500x700 mm y espesor 25 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud total.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Placa de anclaje Tipo 5	2				2,000	
							2,000	2,000
		<b>Total Ud .....</b>				<b>2,000</b>	<b>158,31</b>	<b>316,62</b>
<b>3.9</b>	<b>M2</b>	<b>Altillos o “mezzanines” combinados con mamparas, formados con estructuras autoportantes completamente independientes de la estructura del edificio, apoyados directamente sobre la solera, contruidos con vigas principales de perfiles laminados en caliente tipo HEB, IPN.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Altillo oficinas, laboratorios y vestuarios		15,000	11,000		165,000	
							165,000	165,000
		<b>Total m2 .....</b>				<b>165,000</b>	<b>290,00</b>	<b>47.850,00</b>
<b>3.10</b>	<b>Ud</b>	<b>Peldaño prefabricado de chapa de acero galvanizado y perforada de 2 mm. de espesor, huella de 250 mm., contorno plegado en U de 25x25 mm., agujeros redondos de 20 mm., incluso montaje y soldadura a otros elementos estructurales.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Peldaños escalera oficinas 1	25				25,000	
		Peldaños escalera oficinas 2	25				25,000	
							50,000	50,000
		<b>Total Ud .....</b>				<b>50,000</b>	<b>22,31</b>	<b>1.115,50</b>

**Presupuesto parcial nº 3 Estructuras**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
3.11	M	Barandilla metálica de tubo hueco de acero laminado en frío de 90 cm de altura, con bastidor sencillo y montantes y barrotes verticales, para escalera de ida y vuelta, de dos tramos rectos con meseta intermedia, fijada mediante atornillado en obra de fábrica.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Barandilla escalera 1 oficina		8,000			8,000	
		Barandilla escalera 2 oficina		8,000			8,000	
							16,000	16,000
		<b>Total m .....:</b>		<b>16,000</b>			<b>104,11</b>	<b>1.665,76</b>

**Total presupuesto parcial nº 3 Estructuras : 169.544,61**

#### 11.4. Puente grúa

**Presupuesto parcial nº 4 Puente grúa**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
4.1	Ud	Transporte, instalación y puesta en obra de puente grúa de la marca GH o similar, con capacidad de 10 Tn, para una luz entre pórticos de 30 m. y ubicado a 7,2 metros de altura.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Puente grúa birrail	1				1,000	
							1,000	1,000
		<b>Total Ud .....:</b>		<b>1,000</b>			<b>46.500,00</b>	<b>46.500,00</b>

**Total presupuesto parcial nº 4 Puente grúa : 46.500,00**

## 11.5. Cubierta y cerramientos

### Presupuesto parcial nº 5 Cubierta y cerramientos

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
5.1	M <sup>2</sup>	<b>Cerramiento de fachada formado por placas alveolares de hormigón pretensado, de 16 cm de espesor, 1,2 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado en hormigón gris, montaje horizontal.</b>						
			Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Fachada izquierda		70,000	10,000		700,000	
		Fachada derecha ( con hueco para puerta de gran tamaño )	599,2				599,200	
		Fachada delantera ( con hueco para puerta de gran tamaño )	294,3				294,300	
		Fachada trasera	337,5				337,500	
							1.931,000	1.931,000
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>				<b>1.931,000</b>	<b>22,98</b>	<b>44.374,38</b>
5.2	M <sup>2</sup>	<b>Cubierta inclinada de paneles de acero con aislamiento incorporado, de 80 mm de espesor y 1150 mm de ancho, con una pendiente mayor del 10%.</b>						
			Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Area de los faldones excluyendo los 70 m2 de lucernario	2.058,97				2.058,970	
							2.058,970	2.058,970
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>				<b>2.058,970</b>	<b>55,23</b>	<b>113.716,91</b>
5.3	M <sup>2</sup>	<b>Lucernario a un agua con una luz máxima menor de 3 m revestido con placas alveolares de policarbonato celular incolora y 6 mm de espesor.</b>						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Lucernario techo	2	70,000	0,500		70,000	
							70,000	70,000
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>				<b>70,000</b>	<b>234,09</b>	<b>16.386,30</b>

**Presupuesto parcial nº 5 Cubierta y cerramientos**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
5.4	M	Remate para cumbrera de cubierta de paneles de acero, mediante chapa plegada de acero, con acabado galvanizado, de 0,8 mm de espesor, 40 cm de desarrollo y 3 pliegues, con junta de estanqueidad.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Remate ubicado a lo largo de la cumbrera		100,000			100,000	
							100,000	100,000
		<b>Total m .....:</b>			<b>100,000</b>		<b>14,28</b>	<b>1.428,00</b>

**Total presupuesto parcial nº 5 Cubierta y cerramientos : 175.905,59**

**11.6. Pinturas**

**Presupuesto parcial nº 6 Pinturas**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
6.1	M <sup>2</sup>	Protección pasiva contra incendios de estructura metálica con revestimiento intumescente EI 90 (1780 micras) y aplicación de una mano de imprimación selladora de dos componentes, a base de resinas epoxi y fosfato de zinc, color gris.	Area	Largo	Ancho		Parcial	Subtotal
		Medición de la superficie de los pilares a pintar (R90)	454,913				454,913	
							454,913	454,913
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>			<b>454,913</b>		<b>67,75</b>	<b>30.820,36</b>

**Presupuesto parcial nº 6 Pinturas**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
6.2	M <sup>2</sup>	Protección pasiva contra incendios de estructura metálica con revestimiento intumescente El 30 (637 micras) y aplicación de una mano de imprimación selladora de dos componentes, a base de resinas epoxi y fosfato de zinc, color gris.				
		Area	Largo	Ancho	Parcial	Subtotal
		Medición de las superficie de las cerchas y vigas a pintar (R30)	874,196		874,196	
					874,196	874,196
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>874,196</b>	<b>27,54</b>	<b>24.075,36</b>	

**Total presupuesto parcial nº 6 Pinturas : 54.895,72**

### 11.7. Carpintería

**Presupuesto parcial nº 7 Carpintería**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
7.1	Ud	Puerta corredera industrial, 1400x720 cm, formada por chapas de acero galvanizadas y plegadas, panel liso acanalado, acabado galvanizado sendzimir, apertura automática.			
		<b>Total Ud .....:</b>	<b>1,000</b>	<b>6.780,00</b>	<b>6.780,00</b>
7.2	Ud	Puerta corredera industrial, 750x720 cm, formada por chapad de acero galvanizada y plegada, panel liso acanalado, acabado galvanizado sendzimir, apertura automática.			
		<b>Total Ud .....:</b>	<b>1,000</b>	<b>4.200,00</b>	<b>4.200,00</b>
7.3	Ud	Puerta acústica interior de una hoja practicable, formada por dos chapas de acero, de 1000x2000 mm de luz y altura de paso y 50 mm de espesor, lacadas en color a elegir, con refuerzos interiores longitudinales, entre los que se coloca un complejo aislante multicapa, absorbente acústico, con aislamiento a ruido aéreo de 44 dBA, con autocierre.			
		<b>Total Ud .....:</b>	<b>1,000</b>	<b>1.618,87</b>	<b>1.618,87</b>

**Presupuesto parcial nº 7 Carpintería**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
7.4	Ud	Puerta de paso de acero galvanizado de dos hojas, modelo Ensamblada "ANDREU", con cerco esquinero tipo CS4, 1440x1945 mm de luz y altura de paso, acabado lacado en color a elegir de la carta RAL.			
<b>Total Ud .....:</b>			<b>6,000</b>	<b>311,09</b>	<b>1.866,54</b>

**Total presupuesto parcial nº 7 Carpintería : 14.465,41**

**11.8. Instalaciones e incendios**

**Presupuesto parcial nº 8 Instalaciones e incendios**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe			
8.1	M	Bajante exterior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por PVC, serie B, de 250 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Bajante en cada pilar	21	10,000			210,000	
							210,000	210,000
<b>Total m .....:</b>				<b>210,000</b>		<b>56,10</b>	<b>11.781,00</b>	
8.2	M	Canalón circular de acero galvanizado, de desarrollo 333 mm.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Faldon izquierdo		70,000			70,000	
		Faldon derecho		70,000			70,000	
							140,000	140,000
<b>Total m .....:</b>				<b>140,000</b>		<b>23,04</b>	<b>3.225,60</b>	

**Presupuesto parcial nº 8 Instalaciones e incendios**

<b>Nº</b>	<b>Ud Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
8.3	Ud Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, alojado en armario con puerta para acristalar.			
	Total Ud .....	12,000	135,75	1.629,00
8.4	Ud Señalización de equipos contra incendios, mediante placa de poliestireno fotoluminiscente, de 594x594 mm.			
	Total Ud .....	12,000	13,63	163,56
8.5	Ud Señalización de medios de evacuación, mediante placa de poliestireno fotoluminiscente, de 594x594 mm.			
	Total Ud .....	6,000	13,63	81,78
8.6	Ud Luminaria de emergencia, instalada en la superficie de la pared, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 310 lúmenes.			
	Total Ud .....	8,000	65,93	527,44
8.7	Ud Pulsador de alarma convencional de rearme manual, con tapa.			
	Total Ud .....	7,000	31,15	218,05
8.8	Ud Medicina preventiva y primeros auxilios, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.			
	Total Ud .....	3,000	103,00	309,00
<b>Total presupuesto parcial nº 8 Instalaciones e incendios :</b>				<b>17.935,43</b>

### 11.9. Presupuesto total

#### Presupuesto de ejecución material

---

1 Acondicionamiento del terreno	3.750,00 €
2 Cimentaciones	113.791,92 €
3 Estructuras	169.544,61 €
4 Puente grúa	46.500,00 €
5 Cubierta y cerramientos	175.905,59 €
6 Pinturas	54.895,72 €
7 Carpintería	14.465,41 €
8 Instalaciones e incendios	17.935,43 €

---

Total .....: 596.788,68 €

---

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de:

**QUINIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS OCHENTA Y OCHO  
EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS.**

**596.788,68 €**



# **CAPÍTULO 5**

## **ANEXOS**



## ANEXO I

### 12. INFORMES DE RESULTADOS

En este anexo se adjuntan algunos de los listados generados por el Metal 3D y el generador de pórticos de CYPE. Los informes que aquí se muestran son un resumen, pues el propio programa puede llegar a generar miles páginas con cualquier característica de la obra que se desee conocer. Se mostrará la comprobación completa de las barras más significativas, así como los listados de mediciones de los distintos elementos de la obra.

#### 12.1. Datos generales de la obra e hipótesis consideradas

##### Datos de la obra

Separación entre pórticos: 7.00 m

Con cerramiento en cubierta

- Peso del cerramiento: 0.24 kN/m<sup>2</sup>

- Sobrecarga del cerramiento: 0.40 kN/m<sup>2</sup>

Con cerramiento en laterales

- Peso del cerramiento: 0.00 kN/m<sup>2</sup>

##### Normas y combinaciones

Perfiles conformados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Perfiles laminados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

##### Datos de viento

Normativa: CTE DB SE-AE (España)

Zona eólica: A

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

Periodo de servicio (años): 50

Profundidad nave industrial: 70.00

Con huecos:

- Área izquierda: 0.00

- Altura izquierda: 0.00

- Área derecha: 100.80

- Altura derecha: 3.60

## Diseño y cálculo de una nave industrial

**Bernardo Martínez Navarro**

- Área frontal: 54.00
- Altura frontal: 3.60
- Área trasera: 0.00
- Altura trasera: 0.00

- 1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 3 - V(0°) H3: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
- 4 - V(0°) H4: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior
- 5 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 6 - V(90°) H2: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 7 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Presión interior
- 8 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 9 - V(180°) H3: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior
- 10 - V(180°) H4: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior
- 11 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Presión interior
- 12 - V(270°) H2: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior

### Datos de nieve

Normativa: CTE DB-SE AE (España)

Zona de clima invernal: 5  
Altitud topográfica: 122.00 m  
Cubierta sin resaltes  
Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas:

- 1 - N(EI): Nieve (estado inicial)
- 2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1
- 3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

### Aceros en perfiles

Tipo acero	Acero	Lim. elástico MPa	Módulo de elasticidad GPa
Acero laminado	S275	275	210

Datos de pórticos			
Pórtico	Tipo exterior	Geometría	Tipo interior
1	Dos aguas	Luz izquierda: 15.00 m Luz derecha: 15.00 m Alero izquierdo: 10.00 m Alero derecho: 10.00 m Altura cumbrera: 12.50 m	Pórtico rígido

## **Normas consideradas**

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

### Estados límite

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

### 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**

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

**- Sin coeficientes de combinación**

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

- Donde:

- $G_k$  Acción permanente
- $P_k$  Acción de pretensado
- $Q_k$  Acción variable
- $\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
- $\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

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

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

## Combinaciones

### ■ Nombres de las hipótesis

PP	Peso propio
CM	Peso cerramiento
Q	Sobrecarga de uso
PG1 (1)	Puente grúa en lado derecho
PG1 (2)	Puente grúa en lado derecho
PG1 (3)	Puente grúa en lado derecho
PG1 (4)	Puente grúa en lado derecho
PG2 (1)	Puente grúa en lado izquierdo
PG2 (2)	Puente grúa en lado izquierdo
PG2 (3)	Puente grúa en lado izquierdo
PG2 (4)	Puente grúa en lado izquierdo
V(0°) H1	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
V(0°) H2	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(0°) H3	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
V(0°) H4	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior
V(90°) H1	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
V(90°) H2	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(180°) H1	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Presión interior
V(180°) H2	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(180°) H3	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior
V(180°) H4	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior
V(270°) H1	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Presión interior
V(270°) H2	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior
N(EI)	Nieve (estado inicial)
N(R) 1	Nieve (redistribución) 1
N(R) 2	Nieve (redistribución) 2

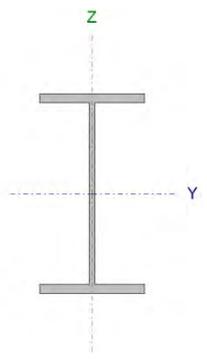
## 12.2. Comprobaciones de las correas

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 140	Límite flecha: L
Separación: 1.40 m	Número de vanos: D
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: F

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 64.26 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 140 Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</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> )
	29.310, 7.000, 10.115	29.310, 14.000, 10.115	7.000	16.40	541.00	44.90	2.45
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	1.00	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	0.000	7.000	0.000	0.000		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$26.85 \leq 248.60 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

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

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

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \underline{126.20} \text{ mm}$$

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

$$A_w : \underline{5.93} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{5.04} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 29.310, 7.000, 10.115, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ) H1$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{14.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

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

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

Donde:

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

**Clase :** 1

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

**$W_{pl,y}$  :** 88.30 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$  :** 261.90 MPa

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

Siendo:

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

**$f_y$  :** 275.00 MPa

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)  
No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.097 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 29.310, 7.000, 10.115, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(180°) H1.

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

**$V_{Ed}$  :** 9.69 kN

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

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

**$V_{c,Rd}$  :** 99.50 kN

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

**$A_v$  :** 6.58 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

**h** : 140.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 4.70 mm

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

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

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

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

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

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

**26.85 < 64.71** ✓

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 26.85

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

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 64.71

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

**ε**: Factor de reducción.

**ε** : 0.92

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

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

**f<sub>ref</sub>** : 235.00 MPa

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

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

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

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

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

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

$$9.69 \text{ kN} \leq 49.75 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo 29.310, 7.000, 10.115, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ)$  H1.

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

$V_{Ed}$  : 9.69 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 99.50 kN

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

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

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

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

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

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

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

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

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

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

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

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 80.01 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.690, 7.000, 10.115

Coordenadas del nudo final: 0.690, 0.000, 10.115

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(R) 2 + 1.00 \cdot V(0^\circ) H4$  a una distancia 3.500 m del origen en el segundo vano de la correa.

( $I_y = 541 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 45 \text{ cm}^4$ )

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m <sup>2</sup>
Correas de cubierta	24	308.98	0.10

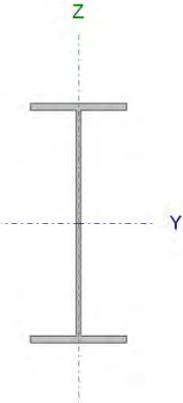
### 12.3. Comprobaciones E.L.U

En este apartado se mostrará un listado completo de las comprobaciones de estados límites últimos de los elementos más significativos dentro de su conjunto. Estos elementos serán los que dispongan de mayor tamaño de perfil y/o longitud.

#### 12.3.1. Comprobaciones E.L.U pilares

Pilar con mayor perfil perteneciente al pórtico interior P2:

Barra N132/N232

Perfil: IPE 500 Material: Acero (S275)							
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> )	
N132	N232	7.200	116.00	48200.00	2142.00	89.30	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	$\beta$	0.70	1.36	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	5.040	9.806	0.000	0.000		
	C <sub>m</sub>	0.600	0.900	1.000	1.000		
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 90 Factor de forma: 159.27 m-1 Temperatura máx. de la barra: 347.5 °C Pintura intumescente: 3.8 mm							

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

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.31} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

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

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

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

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{1747.74} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

$$N_{cr,y} : \underline{10388.36} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{1747.74} \text{ kN}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

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

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

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

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

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

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

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

**E:** Módulo de elasticidad.

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

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

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

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{9.806} \text{ m}$$

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.  
 $L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.  
 $i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$L_{kz} : \underline{5.040} \text{ m}$$

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

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$45.88 \leq 279.81 \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

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

$t_w$ : Espesor del alma.

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

$A_w$ : Área del alma.

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

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

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

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

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

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

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.029} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N232, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$N_{t,Ed}$ : 88.83 kN

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

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

$N_{t,Rd}$ : 3038.10 kN

Donde:

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

$A$ : 116.00 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$ : 0.123 ✓

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

$\eta$ : 0.293 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM+1.5·Q+1.5·PG2(2).

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

$N_{c,Ed}$ : 352.89 kN

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

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

$N_{c,Rd}$ : 2858.40 kN

Donde:

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

**Clase**: 4

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

$A_{ef}$ : 109.14 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd} \qquad N_{b,Rd} : \underline{1205.91} \text{ kN}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.  $A_{ef} : \underline{109.14} \text{ cm}^2$

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \qquad \chi_y : \underline{0.91}$$

$$\chi_z : \underline{0.42}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \qquad \phi_y : \underline{0.68}$$

$$\phi_z : \underline{1.55}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}} \qquad \bar{\lambda}_y : \underline{0.54}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.31}$$

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

$$N_{cr} : \underline{1747.74} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{10388.36} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{1747.74} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.785} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{450.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{341.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

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

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

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)  
No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.052} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

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

$M_{Ed}$  : 4.59 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$  : 88.00 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

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

$W_{pl,z}$  : 336.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.132 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$ .

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

$V_{Ed}$  : 101.69 kN

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

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

$V_{c,Rd}$  : 771.18 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 51.00 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 500.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 10.20 mm

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : 261.90$  MPa

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

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

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

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

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

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

$$45.88 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : 45.88$$

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

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

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

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

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : 0.92$$

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

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : 235.00$$
 MPa

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

$$f_y : 275.00$$
 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

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

$$V_{Ed} : 0.82$$
 kN

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

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

$$V_{c,Rd} : 1032.23$$
 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$ : 68.26 cm<sup>2</sup>

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

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$ : 116.00 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$ : 468.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$ : 10.20 mm

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd}$ : 261.90 MPa

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

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 275.00 MPa

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

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

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

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

$$101.69 \text{ kN} \leq 385.59 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 101.69 kN

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

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

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

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

$$0.82 \text{ kN} \leq 516.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 0.82 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 1032.23 kN

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.845 ✓

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

$\eta$  : 0.783 ✓

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

$\eta$  : 0.570 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen en el nudo N132, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$N_{c,Ed}$  : 162.55 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 450.89 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.63 kN·m

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

**Clase** : 1

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

$N_{pl,Rd}$  : 3038.10 kN

$M_{pl,Rd,y}$  : 574.62 kN·m

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

$M_{pl,Rd,z}$  : 88.00 kN·m

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

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 116.00 cm<sup>2</sup>

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

$W_{pl,y}$  : 2194.00 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 336.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

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

$k_y$  : 1.02

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.19}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  $C_{m,y} : \underline{0.90}$   
 $C_{m,z} : \underline{0.60}$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $\chi_y : \underline{0.91}$   
 $\chi_z : \underline{0.40}$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.  $\bar{\lambda}_y : \underline{0.55}$   
 $\bar{\lambda}_z : \underline{1.35}$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.  $\alpha_y : \underline{0.60}$   
 $\alpha_z : \underline{0.60}$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 101.69 \text{ kN} \leq 385.54 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \underline{101.69} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \underline{771.08} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot PG2(3)$ .

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

$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

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

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

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

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : \underline{0.008} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot PG2(4)$ .

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

$V_{Ed} : \underline{5.95} \text{ kN}$

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

$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

$V_{pl,T,Rd} : \underline{771.08} \text{ kN}$

Donde:

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

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

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ MPa}$

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

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

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Q+1.5·PG2(4).

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

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

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1032.10} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

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

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

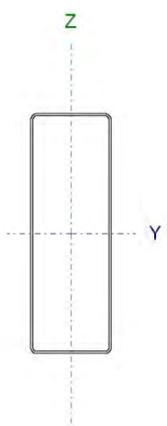
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



### 12.3.2. Comprobaciones E.L.U de las cerchas

Barra con mayor longitud perteneciente al pórtico interior P2.

#### Barra N197/N89

Perfil: RHS 300x100x4.0 Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_v^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )	
N197	N89	9.444	30.94	3317.46	594.42	1667.63	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	$\beta$	0.00	1.00	0.00	0.00		
	$L_K$	0.000	9.444	0.000	0.000		
	$C_m$	1.000	1.000	1.000	1.000		
	$C_1$	-		1.000			
	Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico						
<b>Situación de incendio</b>							
Resistencia requerida: R 30							
Factor de forma: 254.28 m-1							
Temperatura máx. de la barra: 340.5 °C							
Pintura intumescente: 1.6 mm							

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

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.88} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{21.72} \text{ cm}^2$$

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

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

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{770.85} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

$$N_{cr,y} : \underline{770.85} \text{ kN}$$

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

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

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

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3317.46} \text{ cm}^4$$

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{594.42} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1667.63} \text{ cm}^4$$

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

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

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

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

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{9.444} \text{ m}$$

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

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

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

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

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{11.24} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{10.36} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.38} \text{ cm}$$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$73.00 \leq 738.16 \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{292.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.00} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{23.36} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{4.00} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.40}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

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

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.602} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM+1.5·Q+1.5·PG1(2).

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

$$N_{t,Ed} : \underline{487.68} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{810.29} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{30.94} \text{ cm}^2$$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.431} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.704} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(180°)H1.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{245.10} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{568.90} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

**A<sub>ef</sub>**: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{21.72} \text{ cm}^2$$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

### **Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{348.16} \text{ kN}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.  $A_{ef}$ : 21.72 cm<sup>2</sup>  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$ : 261.90 MPa

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

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1}$ : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_v : \underline{0.61}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_v : \underline{1.05}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_v$ : 0.49  
 $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_v : \underline{0.88}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:  $N_{cr}$ : 770.85 kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  $N_{cr,v}$ : 770.85 kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.064} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.722 m del nudo N197, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM+1.5·Q+1.5·PG1(2).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^+$ : 4.83 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.722 m del nudo N197, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{75.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{288.93} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.030} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.337 m del nudo N197, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot PG2(3)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.337 m del nudo N197, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot PG1(3)$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{21.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

**Clase :** 4

**$W_{ef,z}$ :** Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4.

**$W_{ef,z}$  :** 80.41 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$  :** 261.90 MPa

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

Siendo:

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

**$f_y$  :** 275.00 MPa

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

### **Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

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

**$\eta$  :** 0.006 ✓

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

**$\eta$  :** 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N197, para la combinación de acciones  
1.35·PP+0.8·CM+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

**$V_{Ed}$  :** 1.98 kN

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

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

**$V_{c,Rd}$  :** 353.23 kN

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

**$A_v$  :** 23.36 cm<sup>2</sup>

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

**$d$ :** Altura del alma.

**$d$  :** 292.00 mm

**$t_w$ :** Espesor del alma.

**$t_w$  :** 4.00 mm

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$  :** 261.90 MPa

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

Siendo:

$$\begin{aligned} f_v &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_v &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{M0} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{M0} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \qquad \qquad \qquad \mathbf{73.00 < 64.71}$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltez del alma.} \qquad \qquad \qquad \lambda_w : \underline{73.00}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x}: \text{Esbeltez m\acute{a}xima.} \qquad \qquad \qquad \lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

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

$$\varepsilon: \text{Factor de reducci3n.} \qquad \qquad \qquad \varepsilon : \underline{0.92}$$

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

Siendo:

$$f_{ref}: \text{Límite elástico de referencia.} \qquad \qquad \qquad f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante  $V_{b,Rd}$ , viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{d \cdot t_w \cdot \tau_b}{\gamma_{M1}} \qquad \qquad \qquad V_{b,Rd} : \underline{328.06} \text{ kN}$$

Donde:

$$\tau_b: \text{Tensi3n tangencial cr\acute{it}ica de abolladura.} \qquad \qquad \qquad \tau_b : \underline{147.46} \text{ MPa}$$

$$0.8 < \bar{\lambda}_w < 1.2 \rightarrow \tau_b = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot (1 - 0.625 \cdot (\bar{\lambda}_w - 0.8))$$

Siendo:

$$\bar{\lambda}_w: \text{Esbeltez modificada, cuando s3lo hay rigidizadores transversales en los apoyos.} \qquad \qquad \qquad \bar{\lambda}_w : \underline{0.91}$$

$$\bar{\lambda}_w = \frac{d/t_w}{86.4 \cdot \varepsilon}$$

$$\varepsilon: \text{Factor de reducci3n.} \qquad \qquad \qquad \varepsilon : \underline{0.92}$$

$$d: \text{Altura del alma.} \qquad \qquad \qquad d : \underline{292.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \qquad \qquad \qquad t_w : \underline{4.00} \text{ mm}$$

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

$$\gamma_{M1}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \qquad \qquad \qquad \gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM+1.5·Q+1.5·PG1(3).

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

$$V_{Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{114.59} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.58} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{30.94} \text{ cm}^2$$

**d**: Altura del alma.

$$d : \underline{292.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.00} \text{ mm}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$25.00 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{25.00}$$

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{64.71}$$

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

**ε**: Factor de reducción.

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

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

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

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

$f_v$  : 275.00 MPa

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

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

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

**1.98 kN ≤ 176.61 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

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

$V_{Ed}$  : 1.98 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 353.23 kN

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

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

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

**0.05 kN ≤ 57.30 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot PG1(3)$ .

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

$V_{Ed}$  : 0.05 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 114.59 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rd,z}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.501 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{c,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{ef,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{c,Ed}}{W_{ef,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.795} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{c,Ed}}{W_{ef,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{c,Ed}}{W_{ef,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.507} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 9.337 m del nudo N197, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(180°)H1.

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>245.10</u> kN
<b>M<sub>y,Ed</sub></b> , <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> : <u>3.14</u> kN·m <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : <u>0.34</u> kN·m
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>4</u>
<b>N<sub>u,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección eficaz.	<b>N<sub>u,Rd</sub></b> : <u>568.90</u> kN
<b>M<sub>0,Rd,y</sub></b> , <b>M<sub>0,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección eficaz en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>0,Rd,y</sub></b> : <u>57.92</u> kN·m <b>M<sub>0,Rd,z</sub></b> : <u>21.06</u> kN·m
<b>e<sub>N,y</sub></b> , <b>e<sub>N,z</sub></b> : Desplazamiento del centro de gravedad de la sección eficaz respecto al de la sección bruta, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>e<sub>N,y</sub></b> : <u>0.00</u> cm <b>e<sub>N,z</sub></b> : <u>0.00</u> cm

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

<b>A<sub>ef</sub></b> : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	<b>A<sub>ef</sub></b> : <u>21.72</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>ef,y</sub></b> , <b>W<sub>ef,z</sub></b> : Módulos resistentes de la sección eficaz correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>W<sub>ef,y</sub></b> : <u>221.16</u> cm <sup>3</sup> <b>W<sub>ef,z</sub></b> : <u>80.41</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa

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

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa
<b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub></b> : <u>1.05</u>

**k<sub>y</sub>**, **k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{u,Rd}} \quad k_y : \underline{1.37}$$

$$k_z = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{u,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

**C<sub>m,y</sub>**, **C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

<b>C<sub>m,y</sub></b> : <u>1.00</u>
<b>C<sub>m,z</sub></b> : <u>1.00</u>

**χ<sub>y</sub>**, **χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

<b>χ<sub>y</sub></b> : <u>0.61</u>
<b>χ<sub>z</sub></b> : <u>1.00</u>

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y &: 0.88 \\ \bar{\lambda}_z &: 0.00 \\ \alpha_y &: 0.80 \\ \alpha_z &: 1.00 \end{aligned}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
1.35·PP+0.8·CM+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

$$1.98 \text{ kN} \leq 176.61 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : 1.98 \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : 353.21 \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.007 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$M_{T,Ed} : 0.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : 34.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 227.30 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N197, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Q+1.5·PG2(4).

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{1.57} \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[ 1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{353.21} \text{ kN}$$

Donde:

$$V_{pl,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{pl,Rd} : \underline{353.23} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed}: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} \quad \tau_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$$W_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad W_T : \underline{227.33} \text{ cm}^3$$

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot PG2(4)$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{114.59} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{114.59} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{227.33} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

## 12.4. Comprobaciones de las placas de anclaje

Placa de anclaje tipo 3 perteneciente a la unión del pilar IPE 500 con su zapata.

### Uniones

#### Comprobaciones en placas de anclaje

En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):

##### 1. Hormigón sobre el que apoya la placa

Se comprueba que la tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje-hormigón es menor a la tensión admisible del hormigón según la naturaleza de cada combinación.

##### 2. Pernos de anclaje

a) *Resistencia del material de los pernos:* Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiles y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.

b) *Anclaje de los pernos:* Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).

c) *Aplastamiento:* Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

##### 3. Placa de anclaje

a) *Tensiones globales:* En placas con vuelo, se analizan cuatro secciones en el perímetro del perfil, y se comprueba en todas ellas que las tensiones de Von Mises sean menores que la tensión límite según la norma.

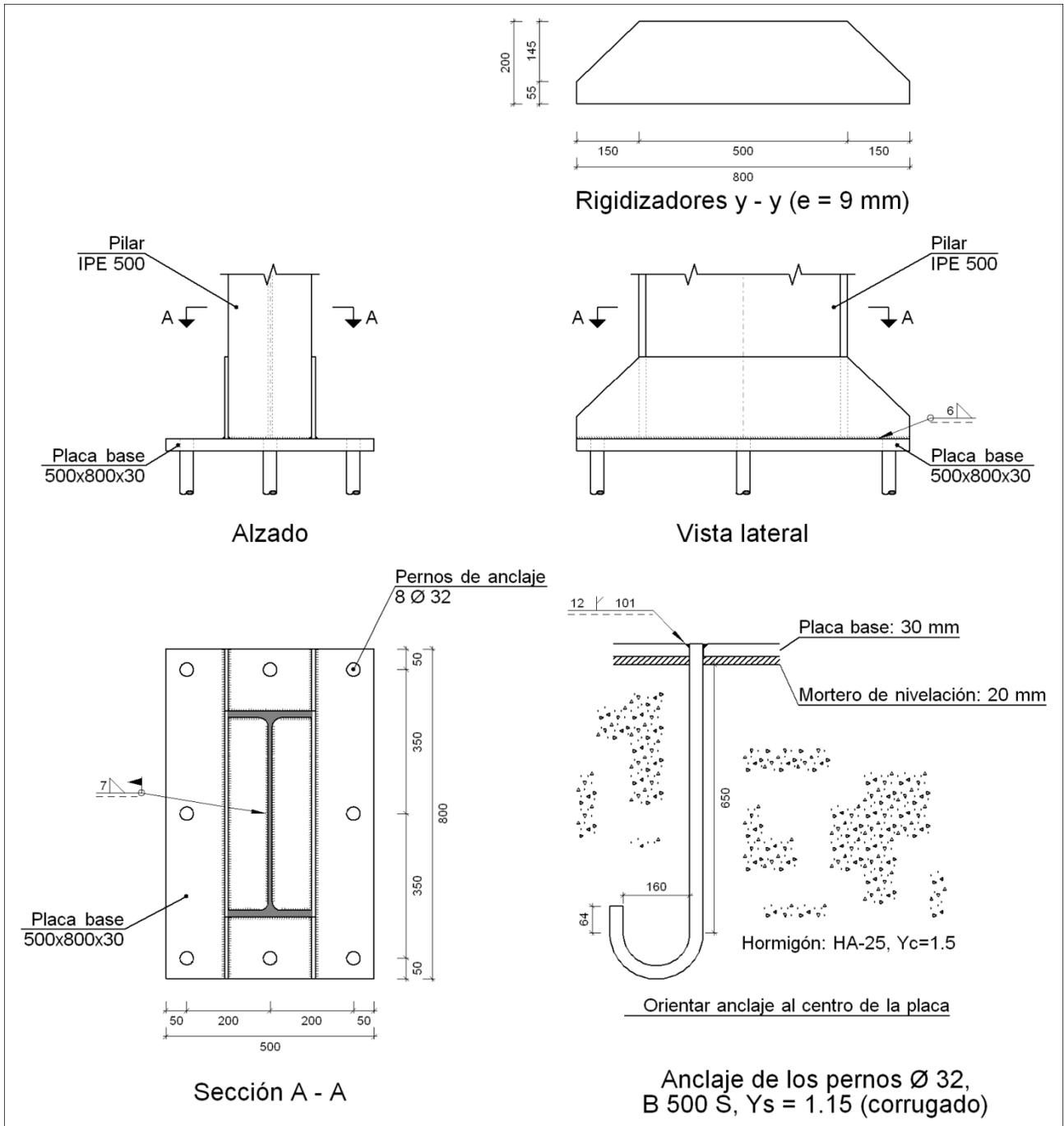
b) *Flechas globales relativas:* Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que  $1/250$  del vuelo.

c) *Tensiones locales:* Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los esfuerzos en cada una de las subplacas se obtienen a partir de las tensiones de contacto con el hormigón y los axiles de los pernos. El modelo generado se resuelve por diferencias finitas.

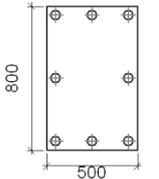
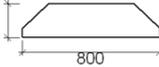
Memoria de cálculo

Tipo 3

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 exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_v$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		500	800	30	8	56	34	12	S275	275.0	410.0
Rigidizador		800	200	9	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar IPE 500

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1548	10.2	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (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: 96 mm Calculado: 200 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 48.1	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 35 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:  - Cortante:  - Tracción + Cortante:	Máximo: 231.13 kN Calculado: 208.25 kN  Máximo: 161.79 kN Calculado: 13.52 kN  Máximo: 231.13 kN Calculado: 227.57 kN	Cumple  Cumple  Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 321.6 kN Calculado: 194.22 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 243.4 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 502.86 kN Calculado: 12.71 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa  Calculado: 86.0838 MPa Calculado: 87.9738 MPa Calculado: 226.563 MPa Calculado: 195.095 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250  Calculado: 4549.46 Calculado: 5185.19 Calculado: 4667.65 Calculado: 5535.8	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 180.831 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -105): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	800	9.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 105): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	800	9.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	12	101	30.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <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. (%)		
Rigidizador y-y (x = -105): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 105): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	193.2	334.6	86.72	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	3136
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	12	804
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1548

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x800x30	94.20
	Rigidizadores pasantes	2	800/500x200/55x9	19.53
	Total			113.73
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 32 - L = 732 + 366$	55.44
	Total			55.44

## 12.5. Comprobación de las cimentaciones

### 12.5.1. Comprobaciones de las vigas de atado y centradoras

En este caso la viga más significativa, la cual que posee mayor longitud y sección, es la viga centradora que une la zapata derecha del pórtico interior P1 con la zapata derecha del pórtico interior P3.

Referencia: VC.S-2.2 [N290-N28] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 4Ø20 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø20 -Estribos: 1xØ10c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 10 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 21.4 cm	Cumple
Separación máxima estribos:		
- Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 21.4 cm	Cumple
Cuantía mínima para los estribos:		
- Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.14 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 7.85 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0028	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0052	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0052	Cumple

Referencia: VC.S-2.2 [N290-N28] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 4Ø20 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø20 -Estribos: 1xØ10c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 3.68 cm <sup>2</sup> Calculado: 12.56 cm <sup>2</sup> Calculado: 12.56 cm <sup>2</sup>	Cumples Cumples
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 281.96 kN·m Axil: ± 0.00 kN Momento flector: -281.96 kN·m Axil: ± 0.00 kN	Cumples Cumples
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 84 cm Calculado: 84 cm	Cumples
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 60 cm Calculado: 60 cm	Cumples
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 43 cm Calculado: 43 cm	Cumples
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 84 cm Calculado: 84 cm	Cumples
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 60 cm Calculado: 60 cm	Cumples
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 43 cm Calculado: 43 cm	Cumples
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 191.16 kN	Cumples
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 20.0 mm (Cumples)		

### 12.5.2. Comprobaciones de las zapatas

En este caso la zapata más significativa es la del pilar IPE 500 anteriormente comprobado.

Referencia: N132		
Dimensiones: 570 x 290 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.117131 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.142932 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.234459 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 31175.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 55.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 380.47 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 502.32 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 153.33 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 245.35 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 327.4 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 130 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N132:	Mínimo: 65 cm Calculado: 122 cm	Cumple

Referencia: N132		
Dimensiones: 570 x 290 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- 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 Ingenieros, 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: 16 cm Calculado: 154 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 154 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 120 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple

Diseño y cálculo de una nave industrial  
**Bernardo Martínez Navarro**

Referencia: N132		
Dimensiones: 570 x 290 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 154 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 154 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 123 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.25		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.16		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 1486.12 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 2921.03 kN		

## 12.6. Resumen de mediciones

Resumen de las mediciones totales de los elementos que componen la estructura.

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 360	120.078	740.706		0.873	3.403		6852.82	26712.51	
			IPE 400	25.000			0.211			1658.31		
			IPE 200	116.828			0.333			2613.73		
			IPE 100	196.000			0.202			1584.76		
			IPE 120	60.000			0.079			621.72		
			IPE 140	42.000			0.069			540.71		
			IPE 500	10.000			0.116			910.60		
			IPE 450	140.000			1.383			10858.12		
			IPE 330	2.800			0.018			137.59		
			IPE 270	14.000			0.064			504.44		
		IPE 240	14.000	0.055	429.71							
		L	L 25 x 25 x 4	83.173	455.299		0.015	0.138		120.79		
			L 50 x 50 x 5	82.680			0.040			311.54		
			L 30 x 30 x 4	82.680			0.019			147.33		
			L 35 x 35 x 4	40.168			0.011			84.19		
			L 25 x 25 x 3	60.314			0.009			67.23		
			L 50 x 50 x 6	34.095			0.019			152.29		
			L 45 x 45 x 4.5	32.022			0.012			98.04		
			L 35 x 35 x 5	40.168			0.013			103.42		
			RHS 60x20x3.0	46.125			0.019			152.17		
			RHS 120x40x3.0	24.365			0.022			172.19		
			RHS 300x150x8.0	35.762			0.240			1886.29		
			RHS 40x25x3.0	38.017			0.013			98.57		
			RHS 60x40x4.0	5.343			0.004			29.10		
			RHS 70x30x3.0	54.385			0.029			230.66		
			RHS 300x100x4.0	85.000			0.263			2064.36		
			RHS 150x50x3.0	24.040			0.027			215.19		
			RHS 180x60x3.0	5.342			0.007			57.88		
			RHS 180x80x6.0	0.845			0.002			19.11		
			RHS 260x140x4.0	146.507			0.453			3558.15		
			RHS 220x180x5.0	23.563			0.090			709.18		
		RHS 180x80x3.0	11.828	0.018	139.30							
		RHS 80x30x3.0	45.338	0.027	213.64							
		RHS 60x30x3.0	27.035	0.013	101.93							
		RHS 250x100x5.0	5.915	0.020	154.81							
		RHS 260x140x6.0	20.945	0.096	749.92							
		RHS 300x200x6.0	20.556	0.118	929.62							
		RHS 200x80x6.0	0.845	0.003	20.70							
		RHS 260x140x5.0	106.448	0.408	3203.86							
		RHS 220x140x5.0	15.207	0.052	409.94							
		RHS 220x180x6.0	114.052	0.520	4083.60							
RHS 220x140x6.0	7.603	0.031	243.59									
RHS 250x100x8.0	15.207	0.078	611.09									
RHS 100x40x3.0	10.686	0.008	65.46									
RHS 90x30x3.0	85.491	0.056	443.11									
		RHS			976.449		2.620		20563.41			
						2172.455		6.161			48360.74	



## **ANEXO II**

### **13. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN**

#### **13.1. Objetivo, utilidad y riesgos no previstos.**

- a) El objetivo de este Estudio Básico de Seguridad y Salud es definir los riesgos laborales que pueden surgir en la obra según los parámetros (tecnología, diseño y materiales) empleados en el proyecto. Una vez definidos los riesgos que afectan a la salud y a la integridad física del personal que intervendrá en la construcción, se proponen las medidas de prevención y protección para reducirlos y/o controlarlos.
- b) Estos riesgos y sus medidas de prevención y protección tendrán que ser tenidos en consideración por el contratista cuando elabore o actualice el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo de la obra que estará en función del proceso y tecnología que empleará.
- c) Todo aquel riesgo no previsto en este Estudio Básico y que surgiese en el desarrollo de la obra, se estudiará con los responsables de seguridad para arbitrar aquellas medidas de protección adicionales que se integrarán en el Plan de Seguridad del Contratista.

#### **13.2. Normativa**

- a) Real Decreto 1627/1997 del 24 de Octubre que fija las disposiciones máximas de seguridad y salud en las obras.
- b) Ley 31/1995 de 8 de Noviembre sobre Protección de Riesgos Laborales.
- c) Todo lo articulado de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo, y su adecuación en la construcción, que este vigente en la fecha de hoy.

#### **13.3. Descripción de las obras y características**

- a) Descripción de las obras.

Construcción de un edificio industrial. La superficie total ocupada es de 2100 m<sup>2</sup> sobre un solar de 5000 m<sup>2</sup>. La altura máxima será de 12,5 metros.

b) Tecnología empleada.

La estructura se proyecta sobre pilares de acero de perfiles IPE, sobre los que apoyan las cerchas diseñadas con perfiles tubulares RHS. En las cerchas se apoya el entramado de correas, consistentes en perfiles IPE, que sirven para la fijación de los paneles de cubierta y transmitir la carga a la cercha.

La cubierta, con pendiente del 16,6%, se resolverá con panel tipo sándwich combinado con panel translúcido para obtener una luz natural para la nave. Este panel tendrá un grosor total de 80 mm. La altura en el centro de la nave será de 12,5 metros.

Los canales de desagüe se formarán mediante una chapa galvanizada de 30 mm de grosor. Estos canalones conducirán el agua de las lluvias hasta los bajantes de PVC de 250Ø, que desemboca en tubos de PVC de diámetro 315mm.

Todas las aguas de la parcela también desembocarán en esta red de alcantarillado. La parte inferior, desde el nivel del suelo hasta una altura de 2 metros estará conformada por una pared con bloques de hormigón de 20 x 20 x 40 cm, color y acabados a elegir, cogidos con mortero. Esta pared irá unida a las vigas de la nave.

Cada 20 metros de pared se construirá una junta de dilatación sellada con silicona. Unida a la pared de ladrillos irá un panel plano prefabricado para fachadas de 40 mm de grosor. El pavimento se proyecta de hormigón vibrado y arremolinado con la edición previa de los elementos que le den dureza y resistencia al desgaste.

La ventilación se resuelve aprovechando las diversas entradas a la nave.

La parcela está cercada por una valla mixta.

Se construirán los siguientes pasos de conductos.

Estos irán por debajo del pavimento del exterior de la nave:

- Tubo de fibras Ø 20cm para agua contra incendios.
- Tubo de PVC (6kg) Ø 20cm para la electricidad.
- Tubo de fibras Ø 20cm para el agua de consumo.
- Tubo de PVC (6kg) Ø 10cm para las telecomunicaciones

c) Proceso ordenado.

- 1º. Movimiento de tierras: explanación del terreno, construcción de zanjas y pozos para la cimentación y alcantarillado.
- 2º. Construcción, in situ, de las cimentaciones.
- 3º. Montaje de la estructura primaria (piezas de acero).
- 4º. Montaje de los cierres de fachada
- 5º. Montaje de la cubierta y bajantes.
- 6º. Pavimentación.
- 7º. Instalaciones.

### **13.4. Definición de los riesgos y las medidas de prevención y protección**

En este punto se definen los riesgos que comporta la obra y las protecciones a emplear.

#### **13.4.1. Protecciones.**

##### **13.4.1.1. Protecciones individuales**

- Cascos: Para todas las personas que participan en la obra incluyendo los visitantes.
- Guantes: De uso general contra cortes de chapa y pinchazos de barandillas y guantes aislantes eléctricamente hasta 430V.
- Botas: Botas de agua y botas contra impactos de caída de objetos.
- Monos de trabajo.
- Protectores auditivos.
- Mascarillas anti-polvo.
- Cinturón de seguridad de sujeción.
- Herramientas manuales con agarraderas aislantes eléctricamente.
- Mosquetones para fijar las herramientas manuales.
- Gafas especiales para soldadura.
- Ropa contra la lluvia.

#### **13.4.1.2. Protecciones colectivas**

Al ser instalaciones y obras con gran probabilidad que las realicen empresas especializadas diferentes, una de las protecciones colectivas más eficaces es señalar y cerrar el espacio donde trabaje cada empresa.

Plataformas móviles homologadas con barandillas y zócalos, escaleras de mano con capacidad de desplazamiento, plataformas de elevación y presentación a la altura para el montaje.

#### **13.4.2. Riesgos que pueden ser evitados**

##### **13.4.2.1. Peligros de electrocución**

Siempre que se trabaje haciendo conexiones o otras operaciones estarán quitados los fusibles de conexión y la protección diferencial activada. Nunca se harán trabajos con tensión en las líneas.

La instalación eléctrica provisional de obras estará protegida siguiendo las indicaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias. Cada enchufe tendrá su base y todo elemento metálico se conectará eléctricamente a tierra. Cada línea tendrá su propia protección contra sobreintensidades (interruptores magnetotérmicos de corte omnipolar) y contra contactos indirectos (interruptores diferenciales). Las líneas que discurren por el suelo se protegerán con una baldosa o tubo de hierro y tendrán un aislamiento de 1000V.

##### **13.4.2.2. Caídas de altura por los agujeros de la construcción**

Se evitarán con cierres de 1,6 metros de altura con zócalo.

##### **13.4.2.3. Caídas del mismo nivel debido a los escombros**

Para evitarlo se mantendrá en buen estado de limpieza. Los residuos se almacenarán en una zona señalada previamente y se evacuarán para su reciclaje.

#### **13.4.2.4. Caídas de objetos o interferencias peligrosas cuando intervengan varios subcontratistas**

La falta de información entre el personal subcontratado que coincida en la obra, es la causa de muchos riesgos, sobre todo de la caída de objetos. Se resolverá coordinando los trabajos que tengan lugar al mismo tiempo en la obra y teniendo claro las medidas de seguridad, individuales y colectivas, que se tienen que utilizar.

#### **13.4.2.5. Golpes y caídas motivadas por la oscuridad**

Cuando se trabaje en horarios de poca luz o dentro del edificio, una vez que ya se encuentre totalmente cubierto y cerrado, se dispondrá de un sistema de alumbrado que de 50 lux a todo el ámbito y 250 lux en toda la zona de trabajo.

### **13.5. Riesgos para cada fase y medidas básicas de seguridad a emplear**

La realización de la obra la hemos dividido en cinco fases. Estas serían:

- Cimentaciones.
- Montaje de las piezas de acero.
- Montaje de la cubierta.
- Construcción de los cierres exteriores.
- Acabados interiores.

Seguidamente se definirán los riesgos que pueden surgir mientras se lleva a cabo la construcción de la obra.

### **13.5.1. Movimiento de tierras (nivelación, zanjas y zapatas para cimientos y alcantarillado)**

#### **13.5.1.1. Riesgos más frecuentes**

- Atropellos y colisiones generadas por la maquinaria.
- Caídas dentro de las zanjas o pozos.
- Generación de polvo.

#### **13.5.1.2. Normas básicas de seguridad**

- La maniobra de la maquinaria estará dirigida por una persona diferente al conductor.
- Los pozos y zanjas estarán correctamente señalizados para evitar caídas del personal a su interior.
- Se cumplirá la prohibición de presencia de personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Al realizar trabajos en zanjas, la distancia mínima entre trabajadores será de un metro.
- La salida a la calle de camiones será avisada por personal diferente al conductor.
- Correcto mantenimiento de la maquinaria.
- Correcta disposición de la carga de tierras en el camión.

#### **13.5.1.3. Protecciones personales**

- Casco homologado.
- Mono de trabajo y, en caso de ser necesario, trajes de agua y botas.
- Utilización del cinturón de seguridad por parte de aquellas personas que estén utilizando la maquinaria. La cabina, de cualquier máquina, estará protegida contra vuelco.
- Botas de seguridad para evitar aplastamientos.

#### **13.5.1.4. Protecciones colectivas**

- Conservar en correcto estado la barandilla situada al inicio de cualquier desnivel.
- No apilar materiales en zonas de tránsito, ya sea de personas o de maquinarias.
- Señalización y ordenación del tránsito de máquinas de forma visible y sencilla.
- Formación y conservación de una banqueta, en el borde de la rampa, que tendrá la función de parar los choques de los vehículos.

#### **13.5.2. Construcción de cimientos (montaje de las armaduras y vertidos del hormigón en las zanjas y los pozos directamente desde el camión)**

##### **13.5.2.1. Riesgos más frecuentes**

- Cortes en las manos y pinchazos.
- Pinchazos, frecuentemente en los pies, en las fases de desencofrado.
- Caídas al mismo nivel por falta de orden y limpieza.

##### **13.5.2.2. Normas básicas de seguridad**

- Cuando una grúa eleve material, el personal no estará debajo de las cargas suspendidas.

##### **13.5.2.3. Protecciones personales y colectivas**

- Uso obligatorio del casco homologado.
- Calzado con suela reforzada anticlavos y antideslizante.
- Guantes especiales contra cortes y pinchazos de metales.
- Guantes y botas de goma mientras se esté realizando el vertido del hormigón.
- La maniobra del camión hormigonera estará dirigida, en todo momento, por una persona diferente al conductor.

### **13.5.3. Montaje de la estructura y cierres del edificio**

#### **13.5.3.1. Proceso**

El edificio se realizará con piezas prefabricadas de acero. El proceso de montaje consta de las siguientes fases:

- Llegada del camión con las piezas. Acto seguido se realizará la descarga de dichas piezas.
- Fijación de las piezas, con los elementos necesarios, a las grúas destinadas especialmente para este uso.
- Elevación de las piezas, acercamiento y acoplamiento.
- Fijación o anclaje de las piezas, una vez se encuentren acopladas.

#### **13.5.3.2. Riesgos más frecuentes**

- Caída de las piezas mientras son elevadas con la grúa.
- Golpes a las personas durante las maniobras de transporte, acercamiento y acoplamiento de las piezas con la grúa.
- Caída del personal en altura.
- Caída de piezas, una vez colocadas en su sitio, por algún defecto de la misma pieza o por mal anclaje.

#### **13.5.3.3. Normas básicas de seguridad**

- Estos trabajos serán realizados por una cantidad suficiente de personas para minimizar los riesgos. Como mínimo, se necesitará un montador y su ayudante, la persona que lleva la grúa y dos personas que acercarán la pieza a su acoplamiento.
- La zona por la que circulará la pieza suspendida en el aire estará correctamente señalizada y no se permitirá que ninguna persona se encuentre por debajo de la pieza cuando esté suspendida.
- Ninguna pieza, una vez acoplada, se dejará suelta sin fijación.

#### **13.5.3.4. Protecciones personales y colectivas**

- Uso del casco.
- Uso del cinturón de seguridad cuando se esté utilizando la maquinaria.
- Uso de calzado especial para golpes.
- Guantes de cuero.

#### **13.5.4. Montaje de la cubierta**

De igual forma como hemos hecho en el punto anterior, en este apartado describiremos el proceso de montaje de la cubierta y los riesgos que conlleva.

##### **13.5.4.1. Proceso**

- Transporte de los paneles tipo sándwich a la cubierta.
- Colocación de los paneles.
- Fijación de los paneles a las correas.

##### **13.5.4.2. Riesgos más frecuentes**

- Caída de material en altura.
- Caída de personal que se encuentre trabajando en altura.
- Hundimiento del panel por el peso de la persona.
- Cortes en las manos.

##### **13.5.4.3. Normas básicas de seguridad**

- Quedará totalmente prohibida la circulación por el área que se encuentre debajo de la zona en la que se estén realizando los trabajos de montaje de la cubierta.
- Se trabajará sobre plataformas autoportantes para poner el panel tipo sándwich.
- Para transitar sobre la cubierta se emplearán tablonos que se apoyarán sobre las correas.
- Uso obligatorio del casco dentro de la planta baja.

#### **13.5.4.4. Protecciones personales y colectivas**

- El trabajo del montaje de la cubierta será realizado, como mínimo, por un oficial y su ayudante.
- Uso del cinturón de seguridad.
- Guantes de cuero contra cortes.
- Las herramientas se llevarán sujetas con un mosquetón para evitar la caída.

#### **13.5.5. Pavimentación**

##### **13.5.5.1. Programa de obras**

Extendido y compactado de la base de todo-uno.

- Colocación del entramado.
- Extendido del hormigón directamente desde el camión cuba.
- Arremolinado y triturado.
- Cortes de 5 cm con el objetivo de formar cuadrados de dilatación de 25 x 25 cm.

##### **13.5.5.2. Riesgos más frecuentes**

- Atropellos y colisiones originados por las máquinas.
- Caídas al mismo nivel.

##### **13.5.5.3. Normas básicas de seguridad**

- La maniobra de los camiones será dirigida por personal diferente al conductor del camión.
- Los camiones no circularán por encima del entramado.

#### **13.5.5.4. Protecciones personales**

- Casco homologado.
- Botas de agua en el momento de verter el hormigón.
- Mono de trabajo.
- Protección de la máquina arremolinadora.

#### **13.5.6. Formación de cierres exteriores e interiores**

##### **13.5.6.1. Riesgos más frecuentes**

- Caídas del personal al mismo nivel.
- Caídas del personal que se encuentra realizando trabajos en altura.
- Proyección de partículas al cortar los ladrillos con las paletas.
- Salpicaduras de pastas y morteros al trabajar a la altura de los ojos en la colocación de los ladrillos.
- Golpes en las manos en oberturas de regatas.
- Cortes y heridas al manipular los ladrillos y/o los bloques de cierre.
- Aspiración de polvo al utilizar máquinas para cortar o limar.
- Sobreesfuerzos.

##### **13.5.6.2. Normas básicas de seguridad**

- Estos trabajos serán realizados, como mínimo, por un operario y un ayudante.
- Uso de plataformas protegidas.
- Cada operario se encargará de mantener su zona de trabajo limpia y ordenada. Las superficies de tránsito también deberán estar limpias y ordenadas.
- La evacuación de escombros de las plataformas se realizará mediante conducción tubular.
- El material se colocará sobre las plataformas empleando un equipo elevador adecuado.
- Se señalizará la zona de trabajo.

### **13.5.6.3. Protecciones personales y colectivas**

- Uso del casco.
- Uso del cinturón de seguridad.
- Guantes de goma o de caucho.
- Gafas de seguridad y protectoras.
- Mascarillas antipolvo.
- Coordinación con el resto de trabajos que se llevan a cabo en la obra.
- Guantes de cuero.

### **13.5.7. Montaje de la instalación eléctrica**

#### **13.5.7.1. Riesgos más frecuentes**

- Cortes en las manos y pinchazos.
- Caída de personas que están realizando trabajos a cierta altura.
- Caída de objetos a diferente nivel.
- Electrocutaciones por el uso de herramientas portátiles accionadas eléctricamente.

#### **13.5.7.2. Normas básicas de seguridad**

- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón para evitar la caída a otro nivel.
- Las plataformas móviles estarán protegidas con barandillas y tendrán un sistema de bloqueo en las ruedas.
- Las escaleras manuales estarán en buen estado y se apoyarán sobre elementos antirresbaladizos.
- Se señalará con cinta la zona de trabajo si esta es en altura.
- Las conexiones eléctricas se harán siempre sin tensión. La instalación eléctrica que se construya, ha de permanecer bloqueada mientras se lleve a cabo el trabajo. Se quitarán los fusibles de la caja general de protección.
- Las herramientas manuales se revisarán periódicamente para evitar cortes o golpes en su uso.

### 13.5.7.3. Protecciones personales y colectivas

- Mono de trabajo.
- Casco homologado con aislamiento.
- Herramientas manuales con aislamiento hasta 450 V.
- La zona de trabajo estará siempre limpia, ordenada e iluminada.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes para delimitar la obertura cuando sean de tijera.

### 13.5.8. Instalaciones de fontanería

#### 13.5.8.1. Medidas de seguridad

- Las máquinas portátiles que se utilicen tendrán doble aislamiento.
- Se revisarán las válvulas, manguitos y sifones para evitar las fugas.
- Se retirarán las botellas de gas de las proximidades de toda fuente de calor, protegiéndolas del sol.
- Se comprobará el estado en el que se encuentren las herramientas manuales para evitar golpes y cortes.

### 13.5.9. Carpinterías y cierres metálicos

#### 13.5.9.1. Riesgos más frecuentes

- Golpes en la cabeza.
- Caídas de material pesado en los pies.
- Golpes en las manos y pinchazos.

#### 13.5.9.2. Protecciones personales

- Mono de trabajo.
- Casco de seguridad homologado.
- Cinturón de seguridad homologado en los trabajos con riesgo de caídas a diferente nivel.
- Guantes de cuero.
- Botas con puntera reforzada.

### **13.5.9.3. Protecciones colectivas**

- Uso de los medios auxiliares adecuados para la realización de los trabajos (escaleras y salidas).
- La zona de trabajo estará siempre limpia y ordenada.
- Los materiales de carpintería se asegurarán convenientemente en los lugares destinados a su almacenamiento.

### **13.5.10. Pinturas y barnices**

#### **13.5.10.1. Riesgos más frecuentes**

- Salpicar los ojos con disolvente.
- Inhalaciones de disolventes.
- Incendio en caso de fuego.

#### **13.5.10.2. Protecciones personales**

- Se usarán gafas cuando se estén realizando trabajos de pintura de techos.
- Uso de mascarilla protectora en los trabajos de pintura con gotelé.

## **14. INFORMACIÓN**

Todo el personal empleado en la obra habrá sido informado por parte de su empresa, de los riesgos que se pueden derivar de la realización de los trabajos y de las acciones a emprender para evitar daños originados por la participación en la obra.

## 15. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

Se dispondrá de un botiquín con el material necesario.

El botiquín se revisará mensualmente y se repondrá, de forma inmediata, el material consumido.

Se tendrá que informar con un rótulo visible de la situación más cercana de los diversos centros médicos (servicios propios, mutuas patronales, mutualidades laborales, ambulatorios, hospitales, etc.) donde avisar, o si es el caso, llevar al posible accidentado para que reciba un tratamiento rápido y efectivo.

## 16. PRESCRIPCIONES GENERALES DE SEGURIDAD

Todo el personal, incluyendo las visitas, la dirección facultativa, etc., usará casco de seguridad para circular por la obra.

En caso de algún accidente en que se necesite asistencia facultativa, aunque la asistencia recibida sea una simple cura, el responsable de seguridad realizará una investigación técnica de los motivos por los que se ha producido el accidente, para evitar accidentes similares en el futuro.

Además de los trámites establecidos oficialmente, la empresa pasará un informe a la dirección facultativa de la obra, donde se especificará:

- Nombre del accidentado; categoría profesional; empresa para la cual trabaja.
- Hora, día y lugar del accidente; descripción del accidente; causas del mismo.
- Causas de tipo técnico; medidas preventivas para evitar que se repita.
- Fecha límite de realización de las medidas preventivas.

Este informe se pasará a la dirección facultativa y al coordinador de seguridad en un plazo máximo de 24 horas.

La dirección facultativa y el coordinador de seguridad podrán aprobar el informe o exigir la adopción de medidas complementarias no indicadas en dicho informe.

## **17. CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN**

Todos los equipos de protección individual y sistemas de protección colectiva tendrán fijado un periodo de vida útil.

Cuando, por circunstancias de trabajo, se produzca un deterioro más rápido de una determinada pieza o equipo, ésta se repondrá, independientemente de la duración prevista o de la fecha de entrega.

Aquellas piezas que por su uso hayan adquirido más juego o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una pieza o de un equipo de protección nunca representará un riesgo por sí mismo.

## **18. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

También conocidos con el nombre de EPIs. Será responsabilidad de cada contratista entregar los equipos de protección individual adecuados y homologados, a cada uno de los trabajadores que tiene trabajando en la obra.

## **19. SERVICIOS DE PREVENCIÓN**

### **19.1. Servicio técnico de seguridad y salud**

Todos los contratistas tendrán a su disposición asesoramiento técnico en seguridad y salud, ya sea propio a su empresa o externo a ella, de acuerdo con el Real Decreto 337/2010 (que modifica el Real Decreto 39/1997) sobre servicios de prevención.

### **19.2. Servicio médico**

Los contratistas que se encuentren trabajando en la obra, dispondrán de un servicio médico, ya sea un servicio médico propio de cada una de las empresas participantes en la construcción o un servicio conjunto para todas las empresas.

Todo el personal de nuevo ingreso a la contrata, aunque sea eventual o autónomo, tendrá que pasar, obligatoriamente, un reconocimiento médico antes de empezar a trabajar en la obra. Son también obligadas las revisiones médicas anuales de los trabajadores ya contratados.



# **CAPÍTULO 6**

## **PLIEGO DE CONDICIONES**



## **1. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL**

### **1.1. Objeto del Pliego de Condiciones**

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

### **1.2. Contrato de obra**

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

### **1.3. Documentación del contrato de obra**

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- 1º. Las condiciones fijadas en el propio documento de Contrato.
- 2º. El Pliego de Condiciones Particulares.
- 3º. El Pliego General de Condiciones.
- 4º. El resto de la documentación de Proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuestos).

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

#### **1.4. Reglamentación urbanística**

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobadas por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas y a las Normas.

#### **1.5. Formalización del contrato de obra**

Los contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la memoria y sus anexos, el estado de mediciones, presupuestos, planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del pliego de condiciones, los planos, cuadro de precios y presupuesto general.

## **2. CONDICIONES FACULTATIVAS**

### **2.1. Delimitación general de funciones técnicas**

#### **2.1.1. El ingeniero director**

Corresponde al Ingeniero Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.

- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución arquitectónica.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Aprobar las certificaciones parciales de la obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.

### 2.1.2. El ingeniero técnico

Corresponde al Ingeniero Técnico:

- Redactar el documento de estudio y análisis del Proyecto.
- Planificar, a la vista del proyecto de ingeniería, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de la obra.
- Redactar, cuando sea requerido, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el plan de Seguridad e Higiene para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y prepara el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Ingeniero y del Constructor.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas. De no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda dando cuenta al Ingeniero.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir, en unión del Ingeniero, el certificado de final de obra.

### 2.1.3. El constructor

Corresponde al Constructor:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Ingeniero el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando, por iniciativa o por prescripción del Ingeniero Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra y dar el enterado de las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Ingeniero, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento del cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Deberá tener siempre en la obra un número proporcionado de obreros a la extensión de los trabajos que se estén realizando.

## 2.2. Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El contratista se sujetará a las leyes, reglamentos y ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

### **2.3. Plan de seguridad e higiene**

El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución, conteniendo en su caso el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

### **2.4. Jurisdicción competente**

En caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las autoridades y tribunales administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

### **2.5. Responsabilidad del contratista**

El contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la dirección facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

### **2.6. Accidentes de trabajo**

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del coordinador de seguridad y salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del plan de seguridad y salud redactada por el contratista.

## **2.7. Daños y perjuicios a terceros**

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de “todo riesgo al derribo y la construcción”, suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor o propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el acta de recepción provisional de la obra.

## **2.8. Copia de documentos**

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del proyecto.

## **2.9. Suministro de materiales**

Se especificará en el contrato la responsabilidad que pueda caber al contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

## 2.10. Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del contratista.
- La quiebra del contratista.
- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
  - a) La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
  - b) Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o menos el 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé comienzo de la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- El abandono de la obra sin causas justificadas.
- La mala fe en la ejecución de la obra.

## **2.11. Oficina en la obra**

El constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha, el contratista tendrá siempre a disposición de la dirección facultativa:

- El proyecto de ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el ingeniero.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y asistencias.
- El libro de seguridad de incidencias.

Dispondrá además el constructor de una oficina para la dirección facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

## **2.12. Prescripciones relativas a los trabajos y a los materiales**

### **2.12.1. Accesos y vallados**

El constructor dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el director de ejecución de la obra su modificación o mejora.

Así mismo, el constructor se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la dirección facultativa.

### **2.12.2. Replanteo**

El constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del contratista e incluidos en su oferta económica.

El constructor someterá el replanteo a aprobación del ingeniero, y una vez este haya dado su conformidad, preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el ingeniero, siendo responsabilidad del constructor la omisión de este trámite.

### **2.12.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos**

El constructor dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del contratista comunicar a la dirección facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El director de obra redactará el acta de comienzo de la obra el día de inicio de los trabajos y la suscribirán en la misma obra junto con él, el director de la ejecución de la obra, el promotor y el constructor.

### **2.12.4. Orden de los trabajos**

Generalmente, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

### **2.12.5. Facilidades para otros contratistas**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

### **2.12.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

### **2.12.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto**

El contratista podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quién la hubiera dictado, el cuál le dará el correspondiente recibo si éste lo solicitase.

#### **2.12.8. Prórroga por causa de fuerza mayor**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata previo informe favorable del Ingeniero. Para ello, el Constructor expondrá, en escrito dirigido al Ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

#### **2.12.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra**

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

#### **2.12.10. Condiciones generales de ejecución de los trabajos**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Ingeniero al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad.

#### **2.12.11. Trabajos defectuosos**

El constructor debe emplear materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Ingeniero, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra, que siempre serán extendidas y abonadas a su debida cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quién la resolverá.

#### **2.12.12. Vicios ocultos**

Si el Director de Ejecución de la Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director de Ejecución de la Obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

#### **2.12.13. Procedencia de materiales, aparatos y equipos**

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los que se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el Constructor deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencias e idoneidades de cada uno de ellos.

#### **2.12.14. Presentación de muestras**

A petición del Director de Obra, el Constructor presentará siempre las muestras de los materiales, aparatos y equipos con la antelación prevista en el calendario de obra.

#### **2.12.15. Materiales no utilizables**

El constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero cuando así esté establecido en el proyecto vigente en la obra.

Si no se le hubiese preceptuada nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero

#### **2.12.16. Materiales, aparatos y equipos defectuosos**

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son adecuados para su fin, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de la Obra, dará la orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si a los quince días de recibir el Constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor a cuenta del Constructor.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquel determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

#### **2.12.17. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos**

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, correrán a cargo y cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del Contratista, o que no ofrezca las garantías suficientes, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto a cargo y cuenta del Contratista y con la penalización correspondiente.

### **2.12.18. Limpieza de las obras**

Es obligación del constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

### **2.12.19. Obras sin prescripciones**

En la ejecución de trabajos que entren en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

## **2.13. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras ajenas**

### **2.13.1. Consideraciones de carácter general**

La recepción de la obra es el acto por el cual el Constructor, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas o terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos por el Promotor y el Constructor, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada en la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando en su caso éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte suscrita por los firmantes de la recepción.

- Las garantías que se exijan al Constructor para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de Obra y el Director de la Ejecución de la Obra.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en el que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada, el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

### **2.13.2. Recepción provisional**

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, el Director de Ejecución de la Obra comunicará al Promotor o Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la recepción provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista, del Director de Obra y del Director de Ejecución de la Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el acta y se darán al Constructor las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

### **2.13.3. Documentación final de la obra**

El Director de ejecución de la Obra, asistido por el Constructor y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al Promotor con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente.

### **2.13.4. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de Ejecución de la Obra a su medición definitiva con precisa asistencia del Constructor o su representante.

Se extenderá la oportuna certificación por triplicado, que aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

### **2.13.5. Plazo de garantía**

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses.

Durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra. Una vez aprobada la Recepción y Liquidación Definitiva de las obras, la Administración tomará acuerdo respecto a la fianza depositada por el Contratista.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

### **2.13.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía, comprendido entre las recepciones provisionales y definitivas, correrán a cargo del Contratista.

Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía, será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad antes de la Recepción Definitiva.

### **2.13.7. Recepción definitiva**

La recepción definitiva se verificará transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

### **2.13.8. Prórroga del plazo de garantía**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra no se encontrase en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

### **2.13.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida**

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

### **3. CONDICIONES ECONÓMICAS / ADMINISTRATIVAS**

#### **3.1. Principio general**

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir mensualmente las cantidades correspondientes por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La Propiedad, el Contratista y, en su caso, los Técnicos, pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

#### **3.2. Fianzas**

El Contratista prestará fianza, con arreglo a alguno de los siguientes procesos según se estipule:

- a) Depósito previo, en metálico, valores o aval bancario.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

##### **3.2.1. Fianza provisional**

En el caso que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta, la fianza definitiva que se señale.

### **3.2.2. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada sin perjuicio de las acciones a las que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de la obra que no fuesen de recibo.

### **3.2.3. Devolución de las fianzas**

La fianza retenida será devuelta al Contratista una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

### **3.2.4. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales**

Si la Propiedad, con la conformidad del Ingeniero Director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

## **3.3. Composición de los precios unitarios**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de la obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.

- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria en instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de la obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito únicamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos se cifrarán en porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

- Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos.

Precio de Ejecución Material:

- Se denomina Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos y los gastos generales.

### 3.3.1. Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad, por medio del Ingeniero, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista siempre estará obligado a introducir los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio contradictorio se resolverá entre el Ingeniero y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra, o en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al Ingeniero. Si subsistiese la diferencia, se acudirá en primer lugar al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

### **3.3.2. Reclamación de aumento de precios**

Si el Contratista antes de la firma del contrato de obra no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

### **3.3.3. Formas tradicionales de medir o aplicar los precios**

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra en el Pliego.

### **3.3.4. Revisión de los precios contratados**

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios, cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Propietario y el Contratista.

### **3.3.5. Acopio de materiales**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista el responsable de su guarda y conservación.

### 3.4. Obras por administración

#### 3.4.1. Administración

Se denominan Obras por Administración aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí mismo o por un representante suyo, o por la mediación de un constructor.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración indirecta o delegada.

#### 3.4.2. Obras por administración directa

Se denominan Obras por Administración Directa aquellas en las que el Propietario por sí mismo, o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio Ingeniero-Director expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla.

En estas obras, el constructor si lo hubiese o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quien reúne en sí la doble personalidad de Propietario y Contratista.

#### 3.4.3. Obras por administración delegada o indirecta

Se entiende por Obra por Administración Delegada o Indirecta en la que convienen un Propietario y un Constructor para que éste por cuenta de aquél, y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Son por tanto características peculiares de la Obra por Administración Delegada o Indirecta las siguientes:

- Por parte del Propietario, la obligación de abonar directamente o por la mediación del Constructor, todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos, reservándose el Propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí mismo o por medio del Ingeniero-Director en su representación, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.

- Por parte del Constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos, y en suma, todo lo que en armonía con su contenido se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo con ello el Propietario un tanto por ciento prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el Constructor.

#### **3.4.4. Liquidación por obras de administración**

Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan con las Condiciones Particulares de Índole Económica vigentes en la obra. A falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el Constructor al Propietario en relación valorada, a la que deberá acompañarse por los siguientes documentos conformados por el Ingeniero Técnico y agrupados en el orden que se expresan:

- Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.
- Las nóminas de los jornales abonadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada oficio, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.
- Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o retirada de escombros.

#### **3.4.5. Abono al constructor de las cuentas de administración delegada**

Salvo pacto distinto, los abonos al Constructor de la cuenta de Administración Delegada los realizará el Propietario mensualmente según los partes de trabajos realizados y aprobados por el Propietario o por su delegado representante.

Independientemente, el Ingeniero Técnico redactará, con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al Constructor salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

### **3.4.6. Responsabilidades del constructor**

En los trabajos de Obras por Administración Delegada, el Constructor sólo será responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales establecen.

En cambio, el Constructor no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales u aparatos elegidos, a no ser que el contrato especificara lo contrario.

En virtud de lo anteriormente consignado, el Constructor está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

## **3.5. Valoración y abonos de los trabajos**

### **3.5.1. Formas varias de abono de las obras**

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el Pliego de Condiciones Económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se podrá efectuar de las siguientes formas:

- Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

Previa mediación y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, el precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la mediación y valoración de las diversas unidades.

- Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Ingeniero-Director.

- Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.
- Por listas de jornales y recibos de materiales autorizados en la forma que el presente Pliego de Condiciones Económicas determina.
- Por horas de trabajo ejecutado en la condiciones determinadas en el contrato.

### **3.5.2. Relaciones valoradas y certificaciones**

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas según la medición practicada por el Ingeniero Técnico.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo al que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

### **3.5.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas**

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Ingeniero-Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto, sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignada mayor precio, ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero-Director, no tendrá derecho sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

#### **3.5.4. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada**

Salvo lo preceptuado en el Pliego de Condiciones Particulares de índole económica vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados con partidaalzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresa:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partidaalzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partidaalzada, deducidos de los similares contratados.
- Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partidaalzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Ingeniero-Director indicará al Contratista, y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado, o en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose el importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones.

#### **3.5.5. Abono de trabajos especiales no contratados**

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con terceras personas, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales les serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

### **3.5.6. Abono de trabajos efectuados durante el plazo de garantía**

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá de la siguiente manera:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han realizado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

### **3.5.7. Abono de agotamientos y otros trabajos**

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones u otra clase de trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, siempre que la Dirección Facultativa lo considerara necesario para la seguridad y calidad de la obra.

### **3.5.8. Pagos**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Ingeniero-Director en virtud de las cuales se verifican aquellos.

### **3.6. Indemnizaciones mutuas**

#### **3.6.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras**

Si por causas imputables al Contratista las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

#### **3.6.2. Demora de los pagos**

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

### **3.7. Varios**

#### **3.7.1. Mejoras, aumentos y / o reducciones de obra**

No se admitirán mejoras de obra más que en el caso en que el Ingeniero-Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se aceptarán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, o a menos que el Ingeniero-Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los incrementos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirá el mismo procedimiento cuando el Ingeniero-Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

### **3.7.2. Unidades de obra defectuosas pero aceptables**

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa pero aceptable a juicio del Ingeniero-Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

### **3.7.3. Seguro de las obras**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva. La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la sociedad aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario para que con cargo a ella se abone la obra que se construya a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista, hecho en documento público, podrá disponerla el Propietario para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada. La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la compañía aseguradora respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero-Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurado y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectado por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de seguros, los pondrá el Contratista antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

#### **3.7.4. Conservación de la obra**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero-Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por parte de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero-Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso efectuar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el Pliego de Condiciones.

#### **3.7.5. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario**

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición o por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

### **3.8. Retenciones en concepto de garantía**

Del importe total de las certificaciones, se descontará un porcentaje que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como período de garantía, pudiendo ser dicha retención en metálico o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero-Director, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

### **3.9. Plazos de ejecución: planning de obra**

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

### **3.10. Liquidación económica de las obras**

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la normativa vigente, así como los proyectos técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de acta de recepción provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Ingeniero Técnico y el Ingeniero-Director de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describen en las disposiciones generales del presente Pliego de Condiciones.

### **3.11. Liquidación final de la obra**

Entre el Promotor y el Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, esta sólo mediará en caso de desavenencia o desacuerdo en el recurso ante los tribunales.

## **4. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES**

### **4.1. Condiciones generales**

#### **4.1.1. Calidad de los materiales**

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnica previstas en el Pliego de Condiciones de Edificación de 1960 y demás disposiciones vigentes referente a materiales y prototipos de construcción.

#### **4.1.2. Pruebas y ensayos de materiales**

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la Dirección de Obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

#### **4.1.3. Materiales no consignados en el proyecto**

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

#### **4.1.4. Condiciones generales de ejecución**

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego General de Arquitectura de 1960, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y a su mano de obra ni pretender proyectos adicionales.



# **CAPÍTULO 7**

## **BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**



## I. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Código Técnico de la Edificación*. Actualizado a febrero de 2008. Texto modificado por RD 1371/2007, de 19 de octubre (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008).
- *Norma UNE 76-201-88*. Camino de Rodadura para puentes grúa.
- *“Apuntes de la asignatura Estructuras y construcciones industriales”*. Grado en ingeniería mecánica, 3º Curso, Universidad Jaime I de Castellón.
- *Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08)*. Actualizada a diciembre de 2008. Texto modificado por RD 1247/2008, de 18 de julio.
- *Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*. RD 2267/2004, de 3 de diciembre.
- *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción*. RD 1627/1997, de 24 de octubre.
- *Eurocódigo Estructural 3. Diseño de Estructuras de Acero*. EN 1993

## II. PÁGINAS WEB CONSULTADAS

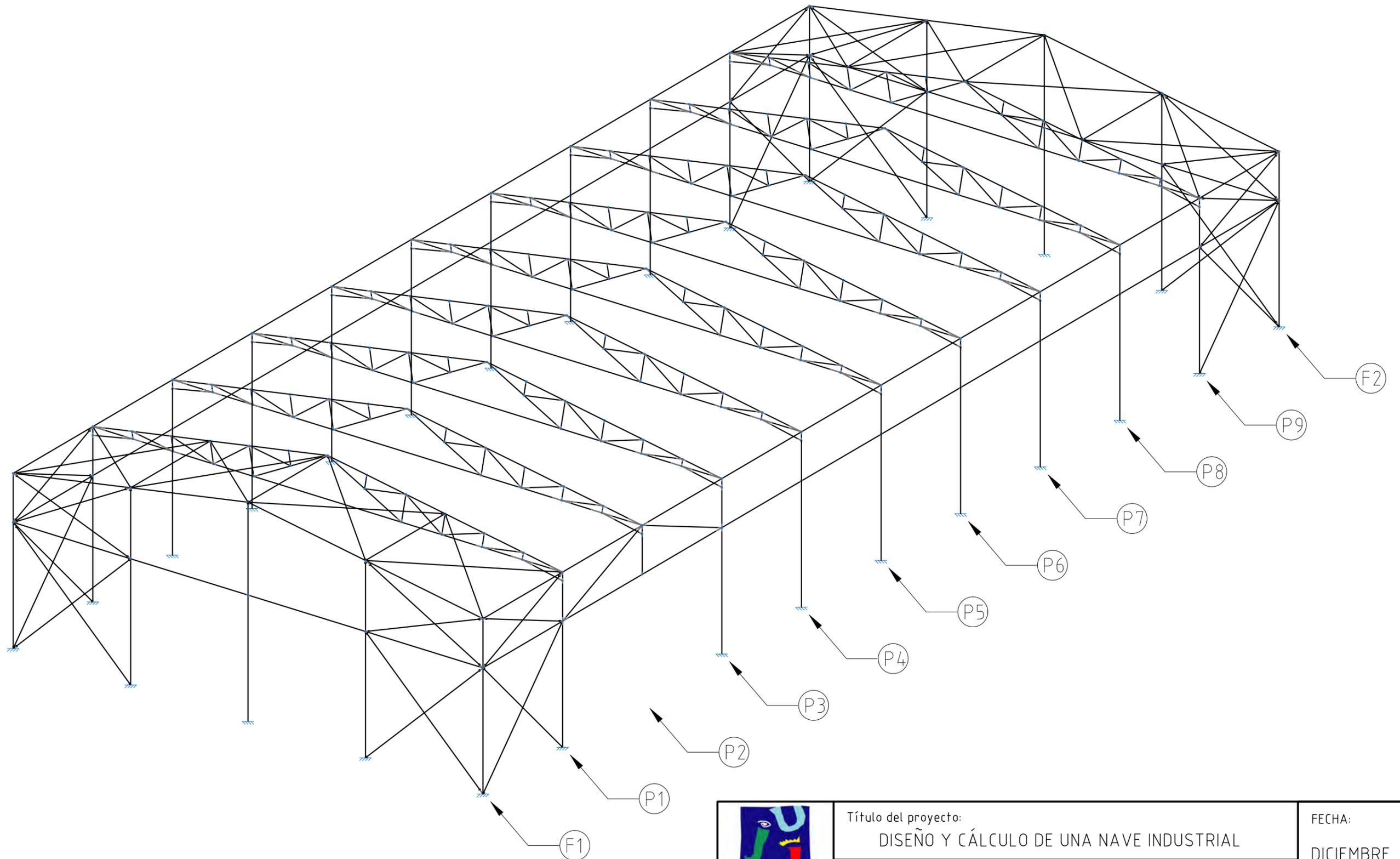
- [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org). Página web oficial sobre el Código Técnico de la Edificación.
- [www.cype.es](http://www.cype.es). Página web oficial del software para arquitectura, ingeniería y construcción CYPE INGENIEROS.
- [www.construmatica.com/construpedia/Portada](http://www.construmatica.com/construpedia/Portada). Página web con bases de datos sobre arquitectura, ingeniería y construcción.
- [www.soloarquitectura.com](http://www.soloarquitectura.com). Página web con foros sobre arquitectura, construcción y diseño de interiores para profesionales y aficionados.



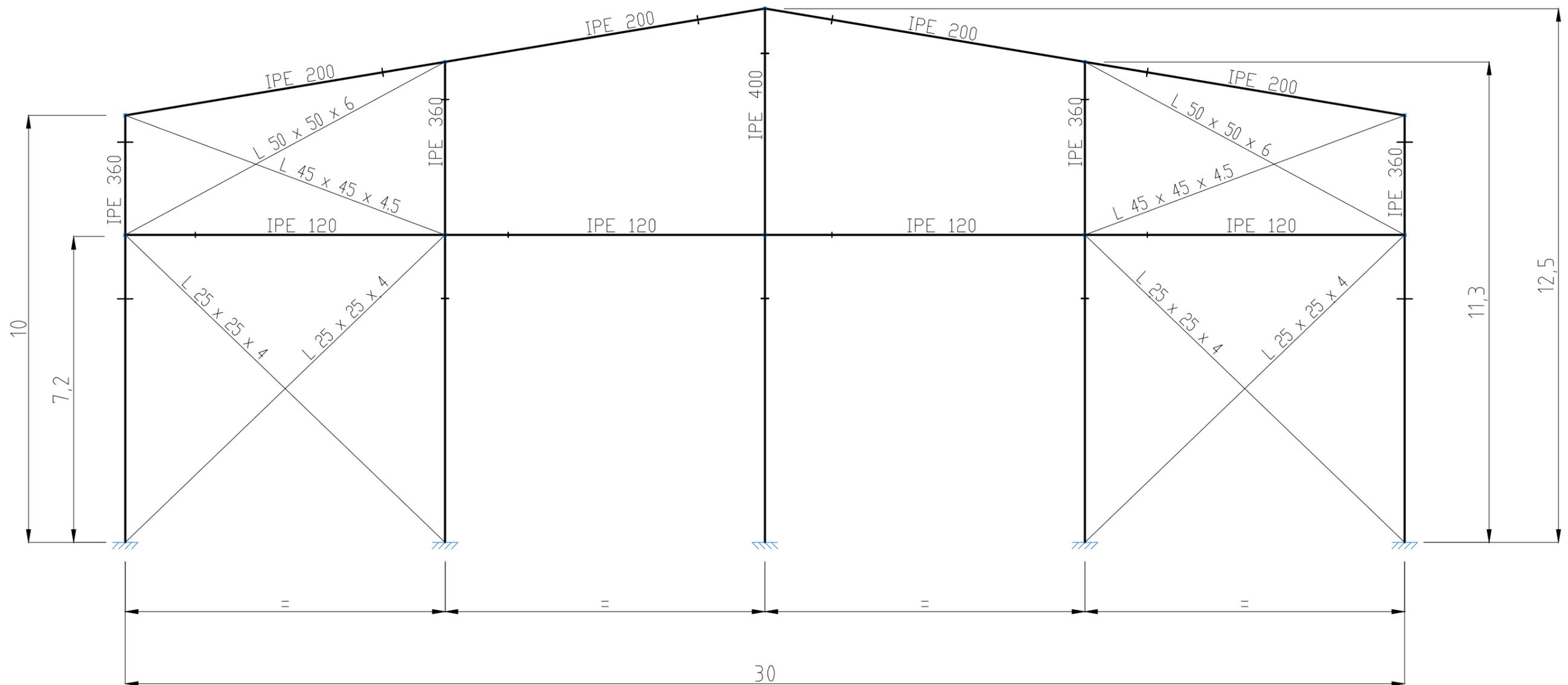
# **CAPÍTULO 8**

## **PLANOS**

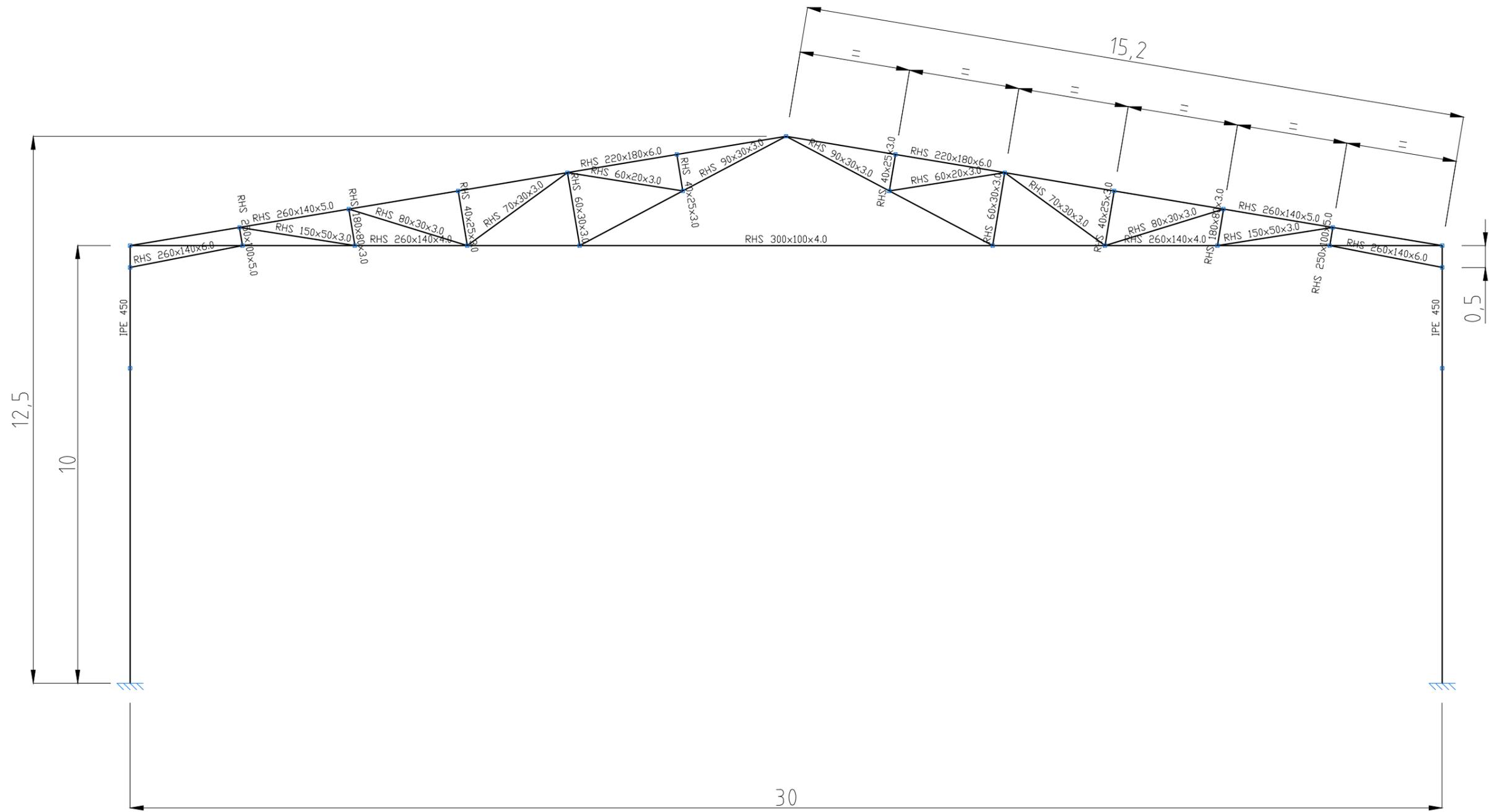




 <b>UNIVERSITAT JAUME·I</b>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO: 01
ESCALA: 1:200	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: ESTRUCTURA 3D	



	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO:  02
ESCALA:  1:100	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: FACHADA DELANTERA (F1) Y TRASERA (F2)	



UNIVERSITAT  
JAUME·I

Título del proyecto:  
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL

Projectista:  
BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO

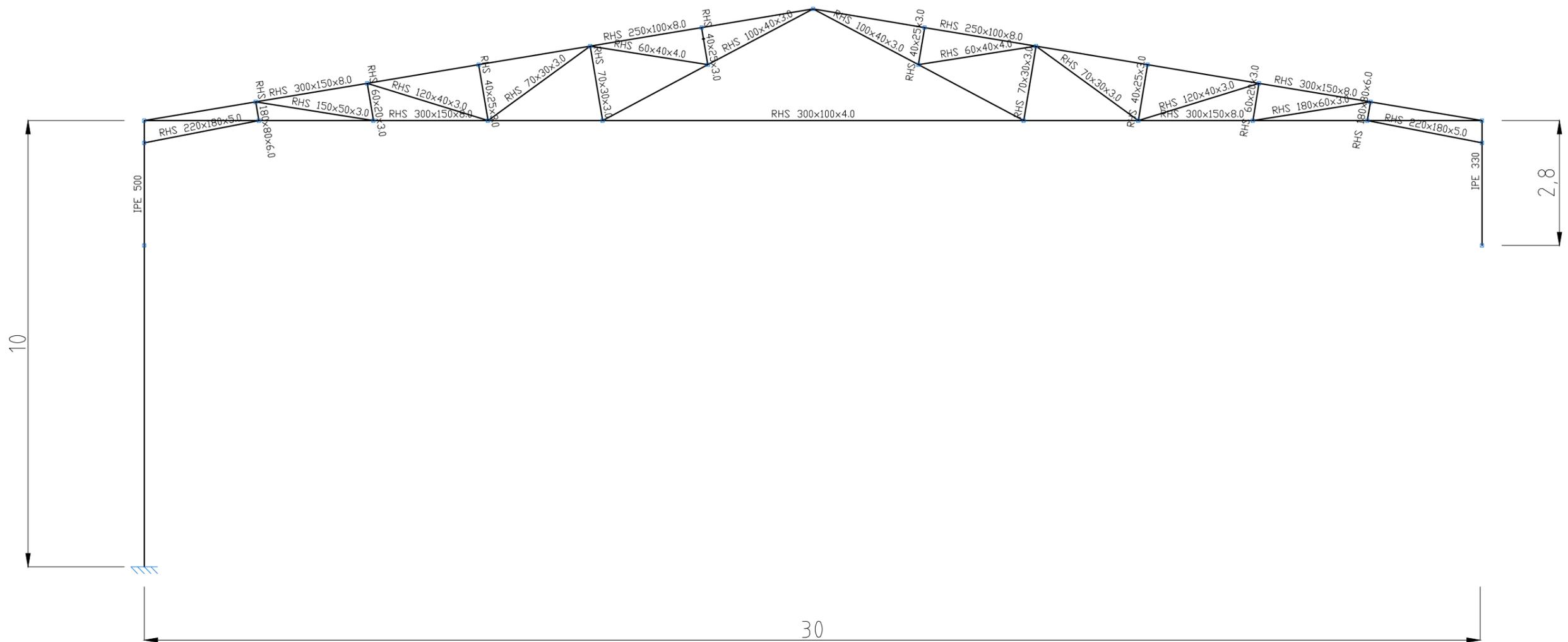
Tutor:  
DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO

Título del plano:  
PÓRTICOS INTERIORES P1, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9

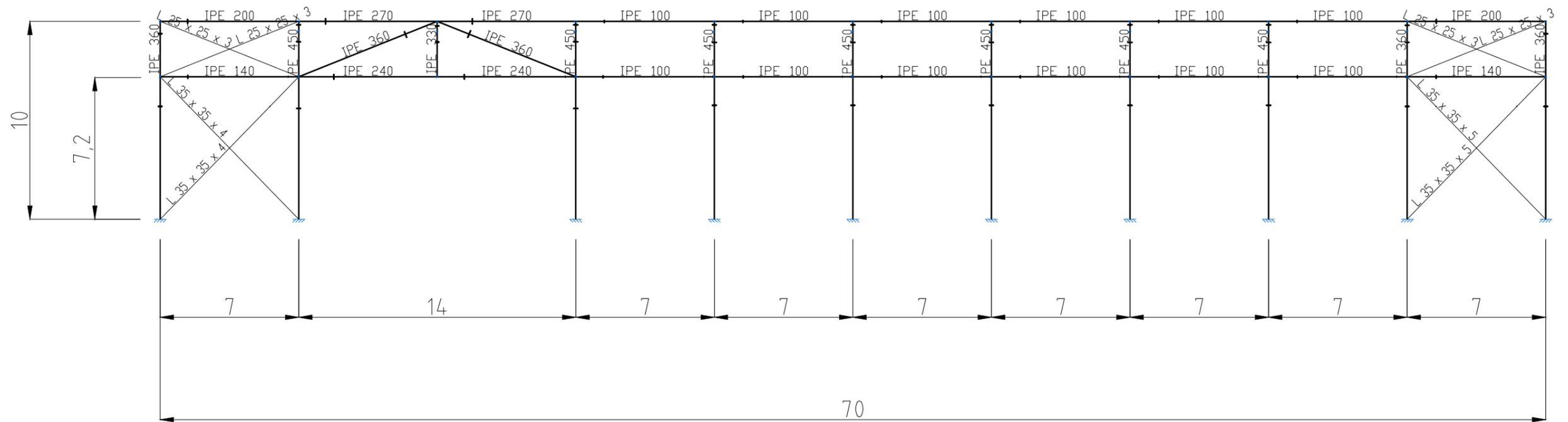
FECHA:  
DICIEMBRE  
2015

Nº PLANO:  
03

ESCALA:  
1:100



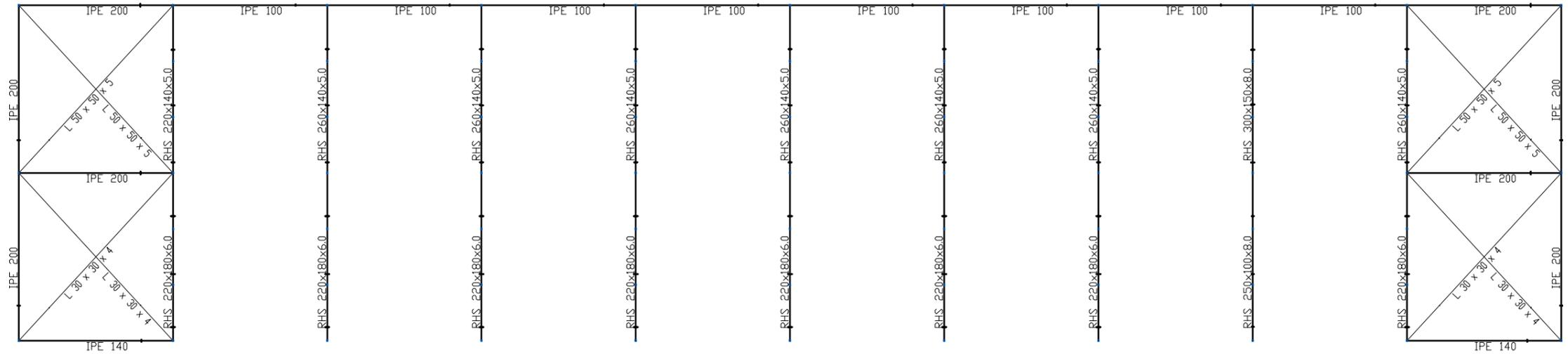
 <b>UNIVERSITAT JAUME·I</b>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO:  04
ESCALA:  1:100	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: PÓRTICO INTERIOR P2	



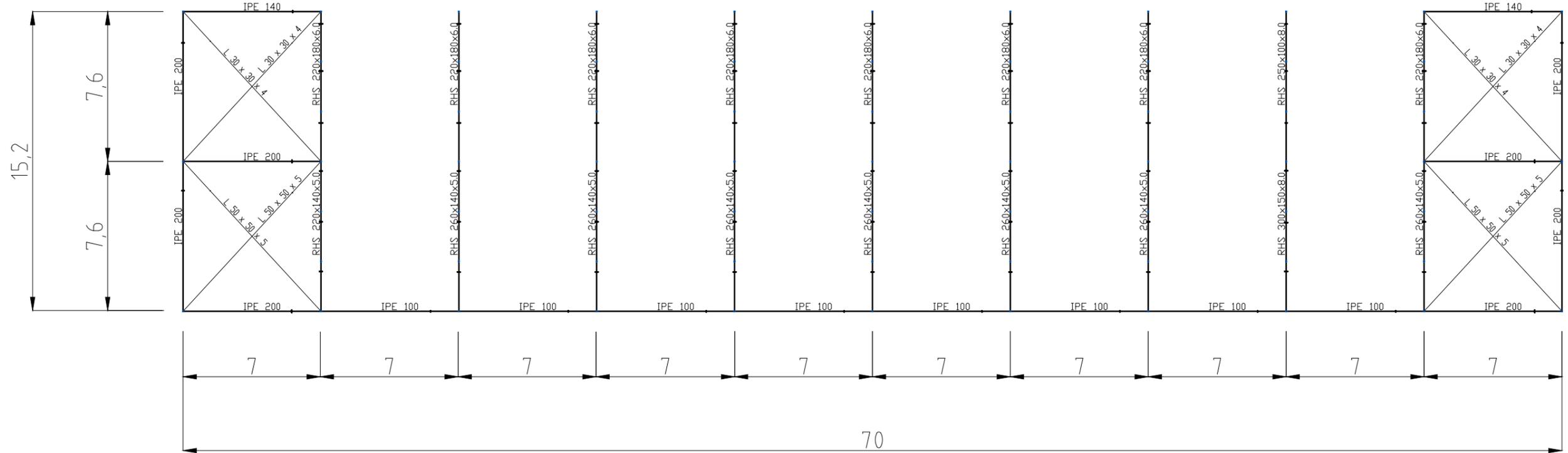
 <b>UNIVERSITAT</b> <b>JAUME·I</b>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO: 05
ESCALA: 1:225	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: FACHADA DERECHA	



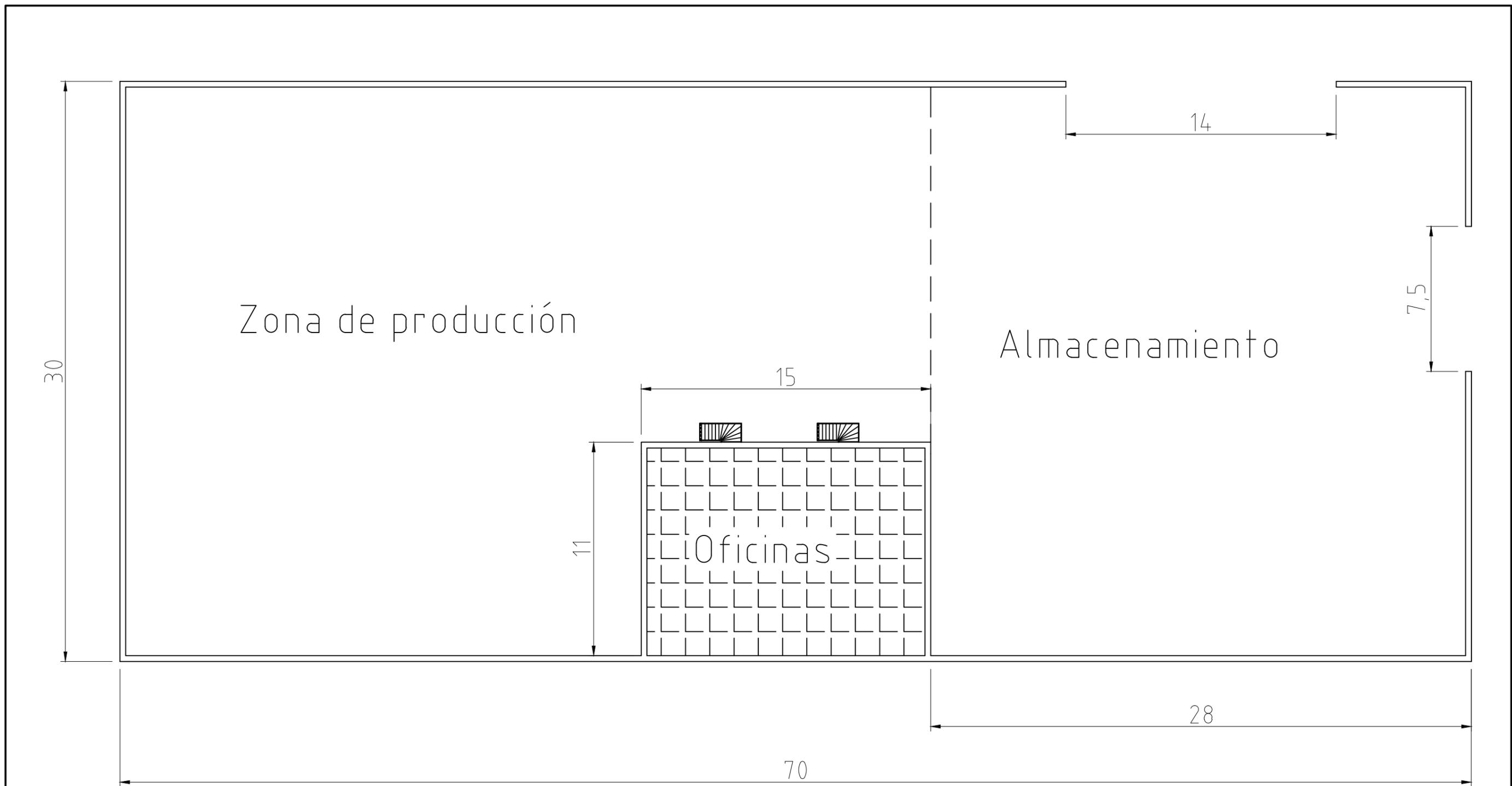
faldón derecho



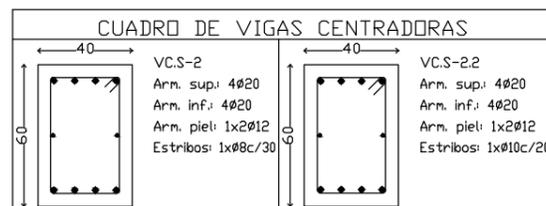
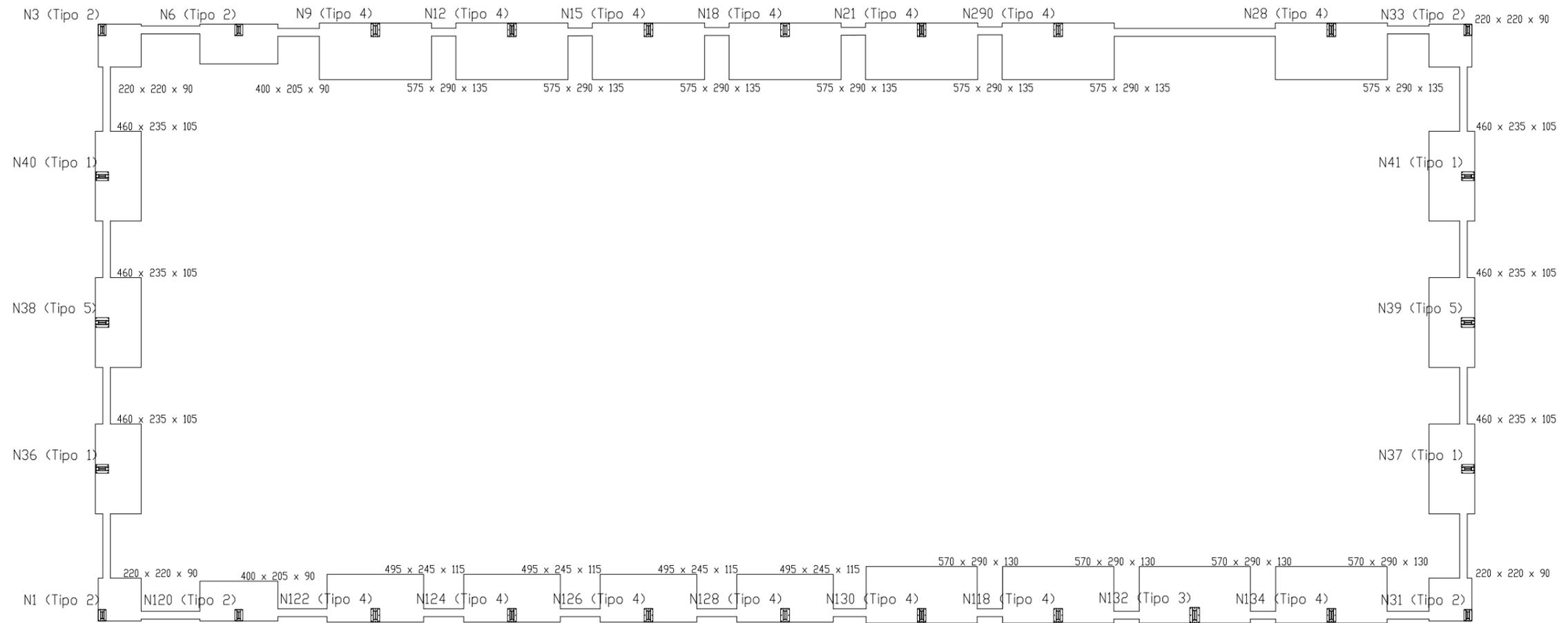
faldón izquierdo



 <p>UNIVERSITAT JAUME·I</p>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO: 07
ESCALA: 1:225	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: FALDÓN DERECHO E IZQUIERDO	



	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO:  08
ESCALA:  1:200	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: PLANO DE PLANTA NAVE INDUSTRIAL	

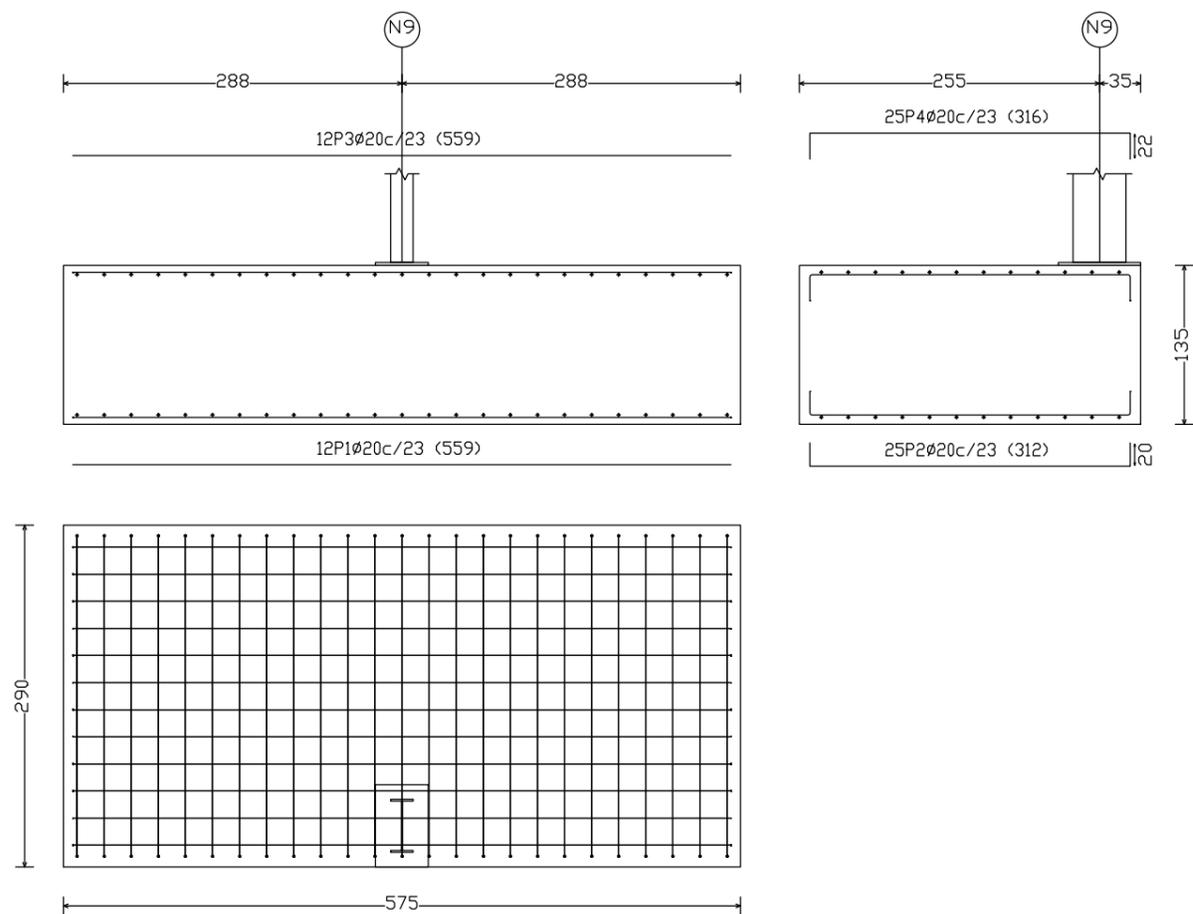


Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N3, N6, N120, N31, N33 y N1	6 Pernos Ø 20	Placa base (400x600x22)
N9, N122, N124, N126, N128, N130, N118, N134, N28, N290, N21, N18, N15 y N12	8 Pernos Ø 25	Placa base (450x700x25)
N40, N36, N37 y N41	8 Pernos Ø 25	Placa base (450x650x22)
N38 y N39	8 Pernos Ø 25	Placa base (500x700x25)
N132	8 Pernos Ø 32	Placa base (500x800x30)

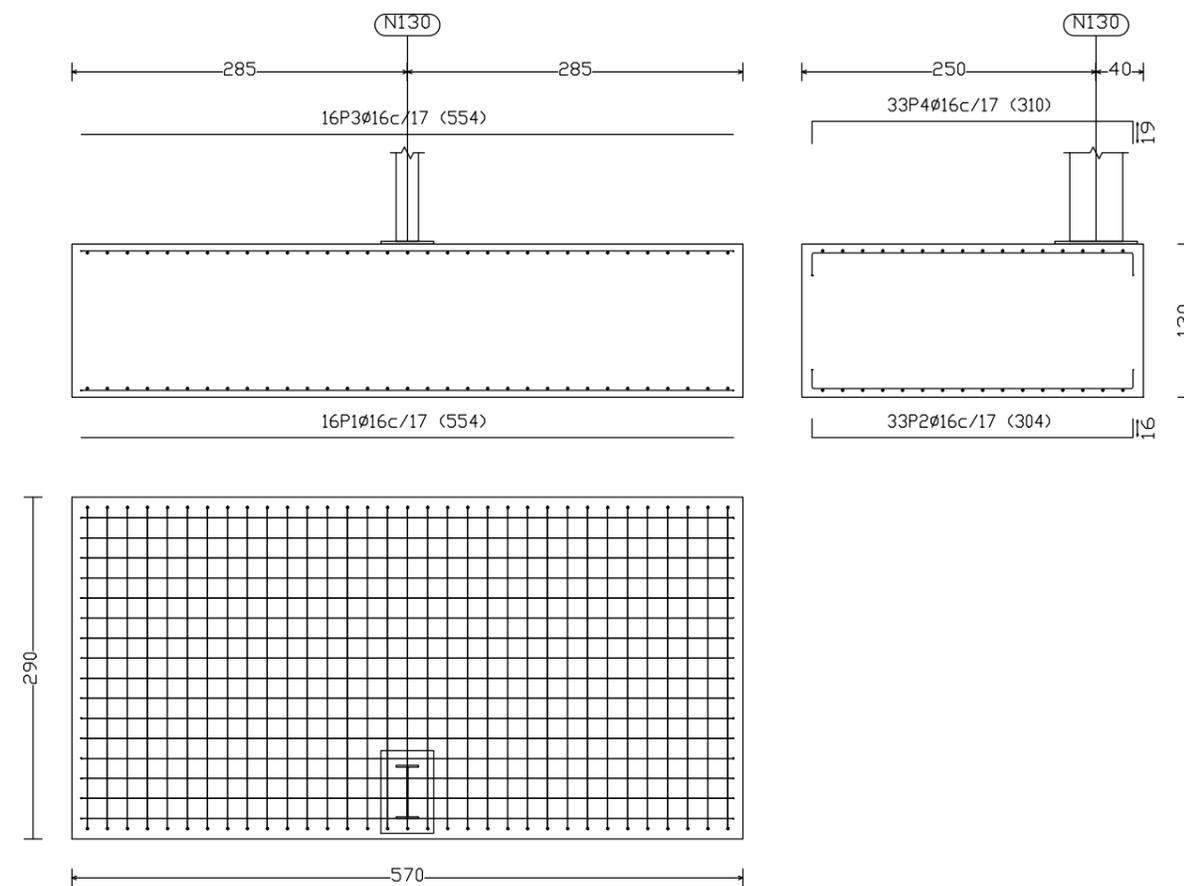
Resumen Acero Elemento, Viga y Placa de anclaje	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Y <sub>s</sub> =1.15	Ø8	442.1	192
	Ø10	75.7	51
	Ø12	96.1	94
	Ø16	3512.2	6098
	Ø20	3844.1	10428
			16863

 <b>UNIVERSITAT JAUME·I</b>	Título del proyecto: <b>DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL</b>	FECHA: <b>DICIEMBRE 2015</b>
	Projectista: <b>BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO</b>	Nº PLANO: <b>09</b>
ESCALA: <b>1:250</b>	Tutor: <b>DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO</b>	
	Título del plano: <b>PLANO DE CIMENTACIÓN</b>	

N9, N28, N290, N21, N18, N15 y N12

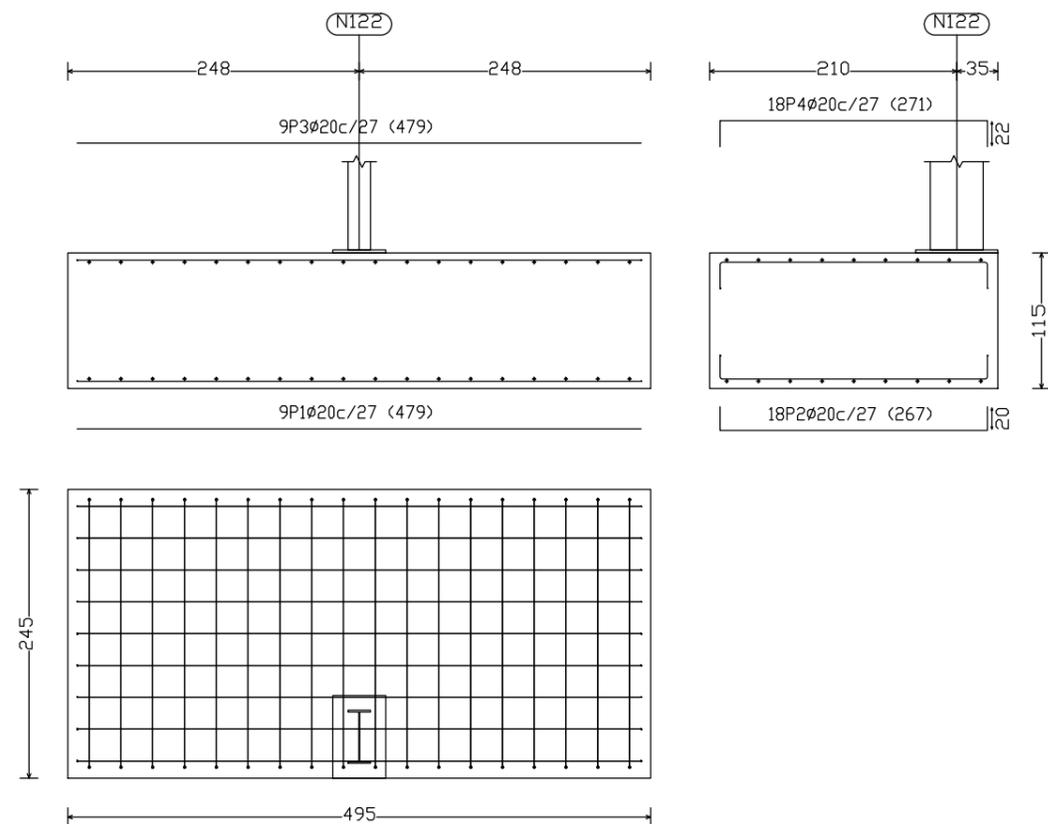


N130, N118, N134 y N132

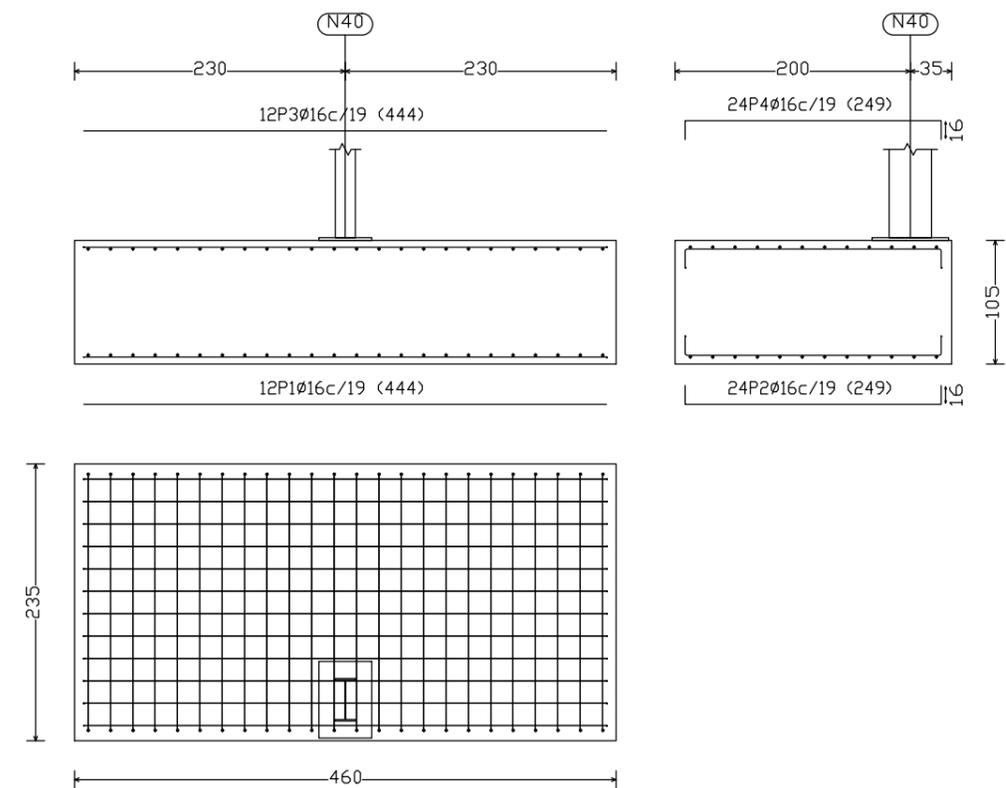


 <p>UNIVERSITAT JAUME·I</p>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO: 10
ESCALA: 1:60	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: ZAPATAS TIPO 1 Y TIPO 2	

N122, N124, N126 y N128

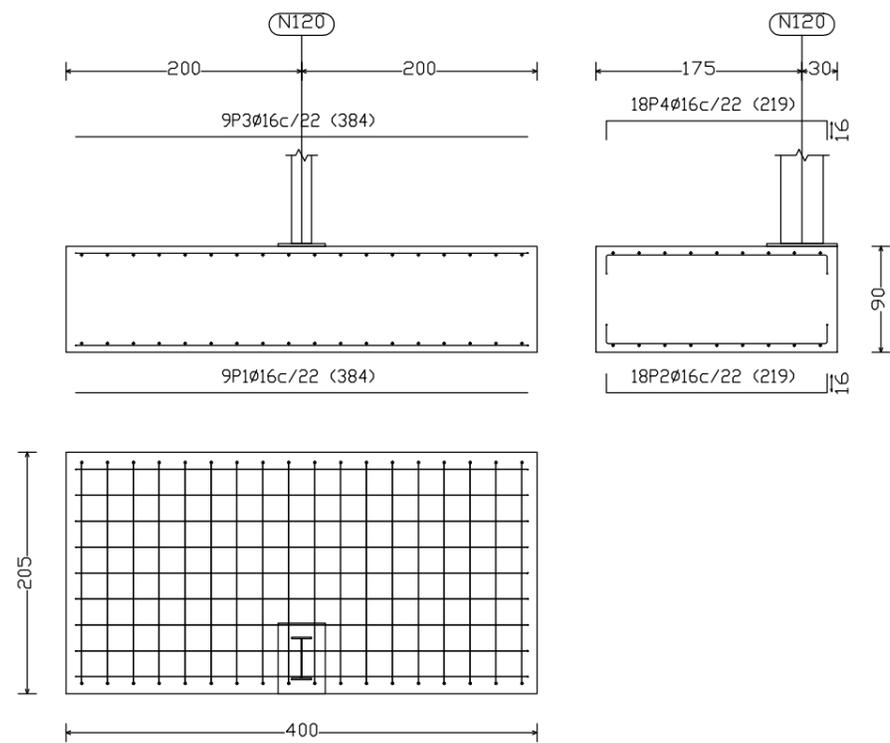


N40, N38, N36, N37, N39 y N41

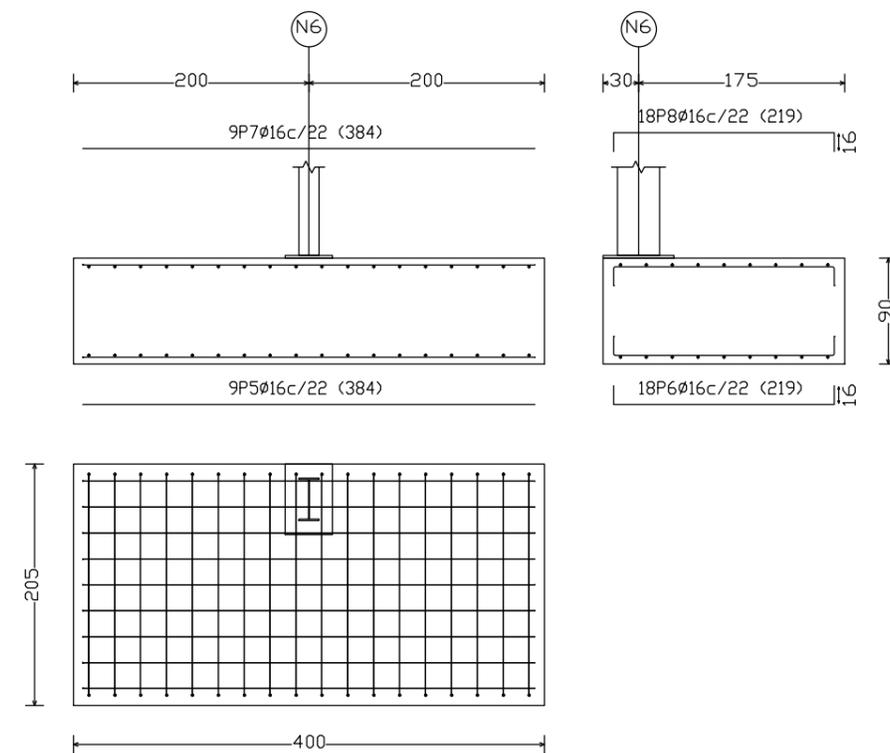


 <p>UNIVERSITAT JAUME·I</p>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	
ESCALA: 1:60	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	Nº PLANO: 11
	Título del plano: ZAPATAS TIPO 3 Y TIPO 4	

N120

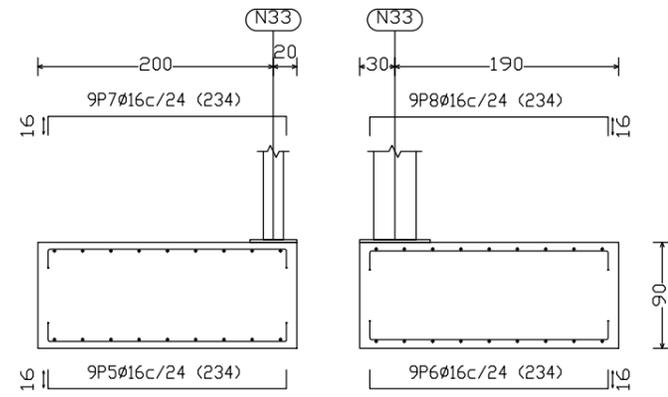


N6

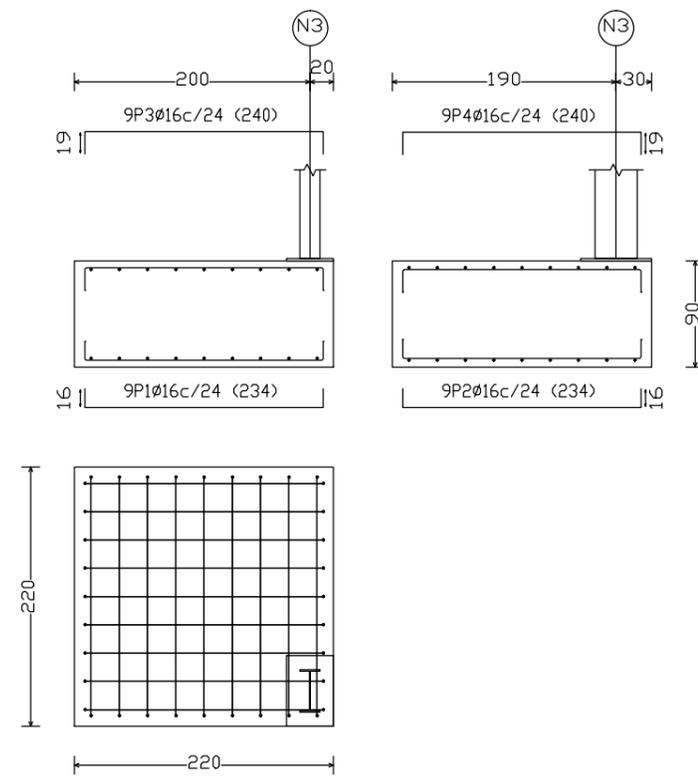


 <p>UNIVERSITAT JAUME·I</p>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO: 12
ESCALA: 1:60	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: ZAPATAS TIPO 5	

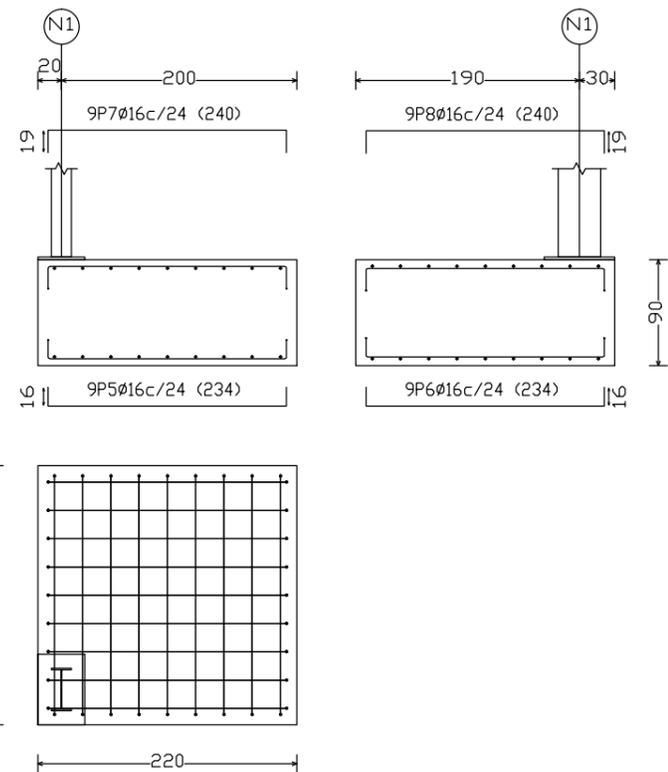
N33



N3 y N31

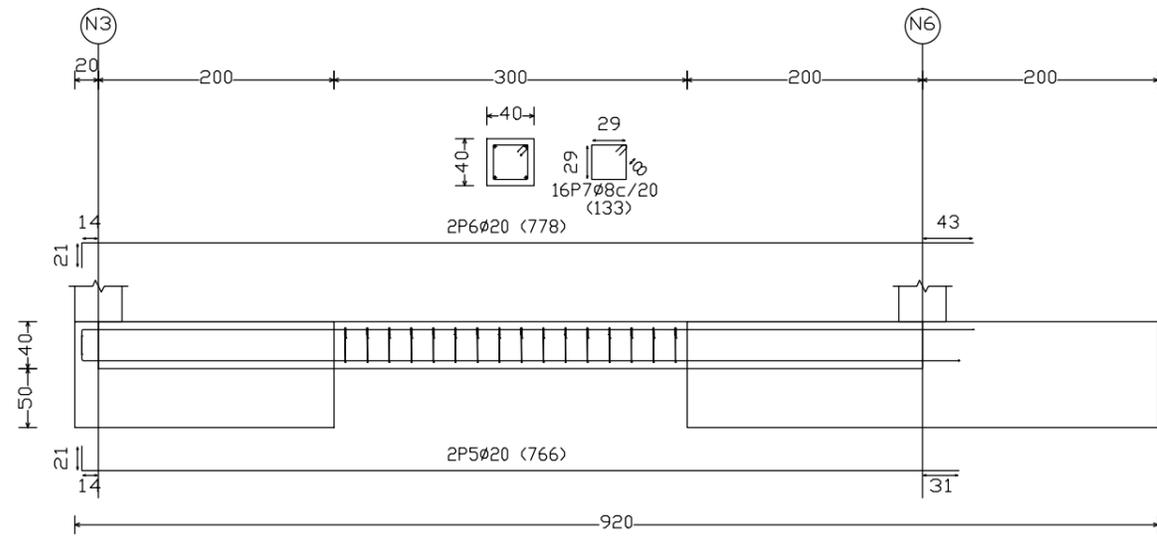


N1

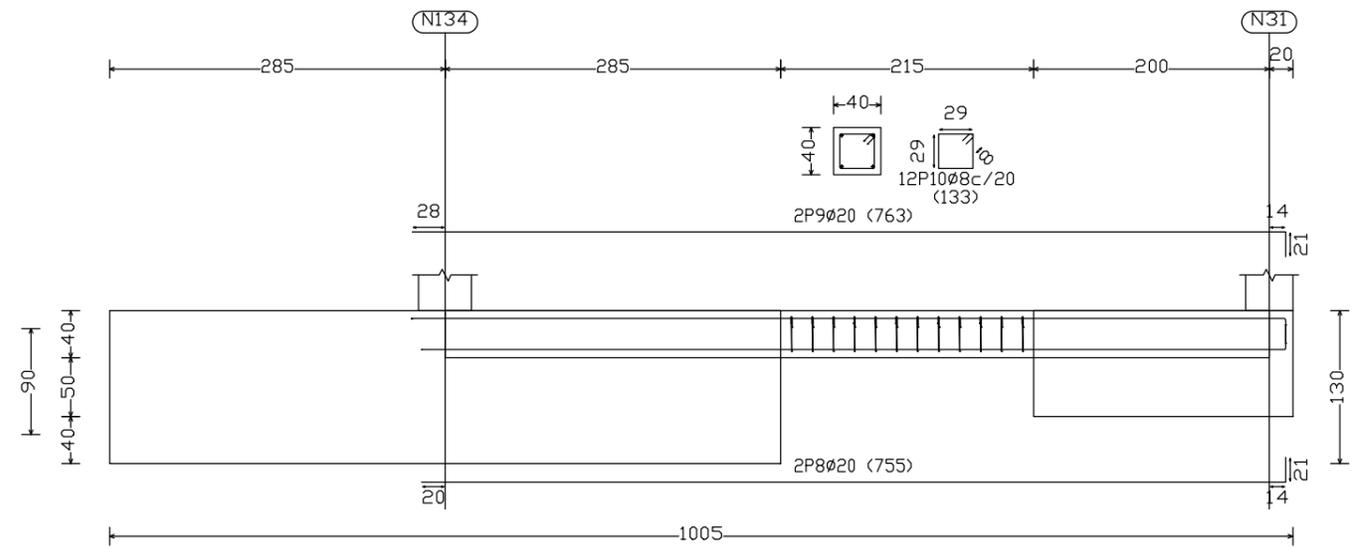


 <p>UNIVERSITAT JAUME·I</p>	<p>Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL</p>	<p>FECHA: DICIEMBRE 2015</p>
	<p>Proyectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO</p>	<p>Nº PLANO: 13</p>
<p>ESCALA: 1:60</p>	<p>Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO</p>	
	<p>Título del plano: ZAPATAS TIPO 6</p>	

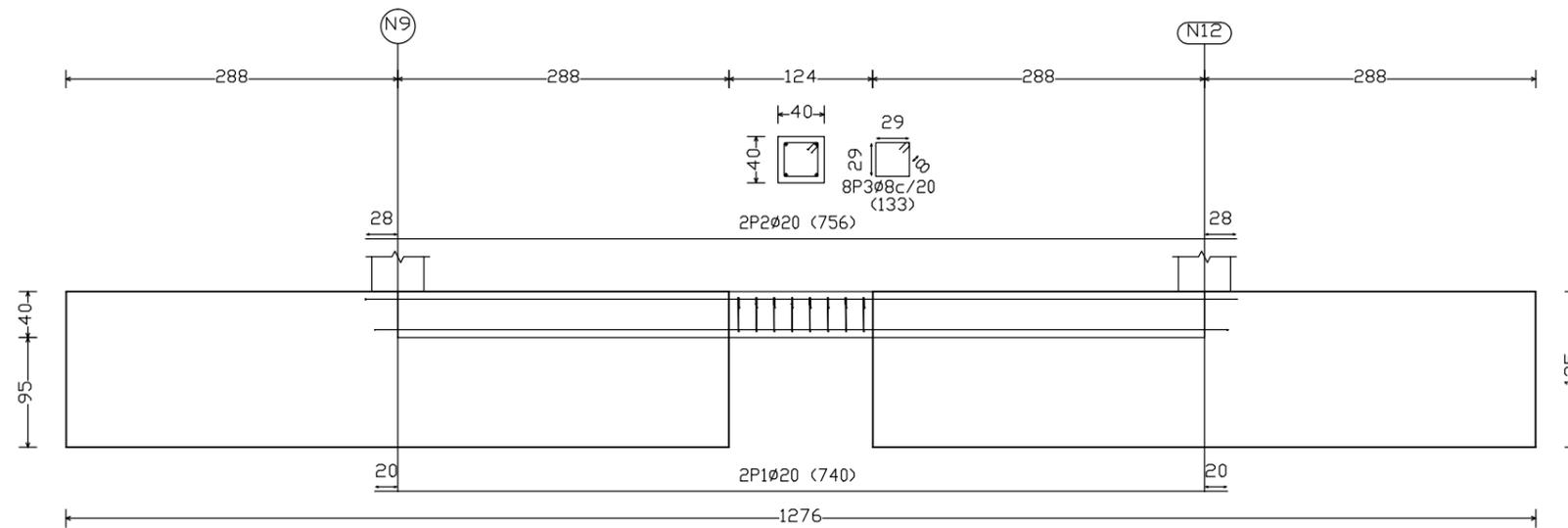
C [N3-N6] y C [N1-N120]



C [N134-N31] y C [N28-N33]



VC.T-3 [N9-N12], VC.T-3 [N12-N15], VC.T-3 [N15-N18], VC.T-3 [N18-N21] y VC.T-3 [N21-N290]



Título del proyecto:  
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL

FECHA:  
DICIEMBRE  
2015

Proyectista:  
BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO

ESCALA:  
1:60

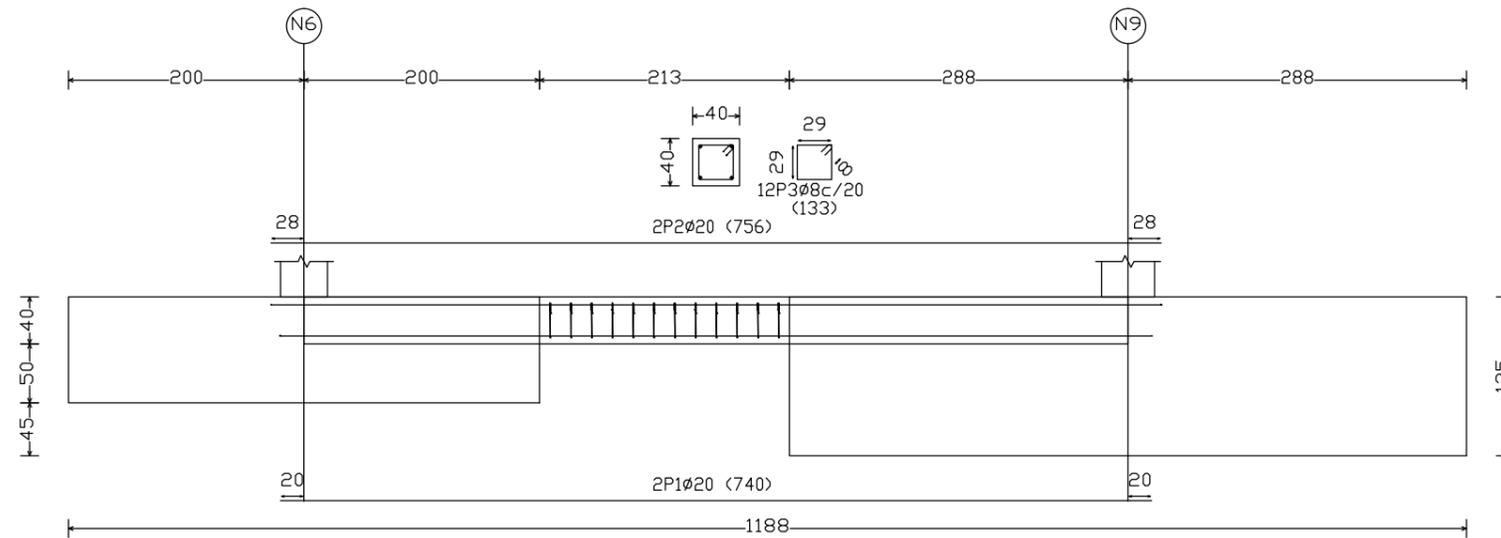
Tutor:  
DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO

Nº PLANO:  
14

Título del plano:  
VIGAS DE ATADO (1)

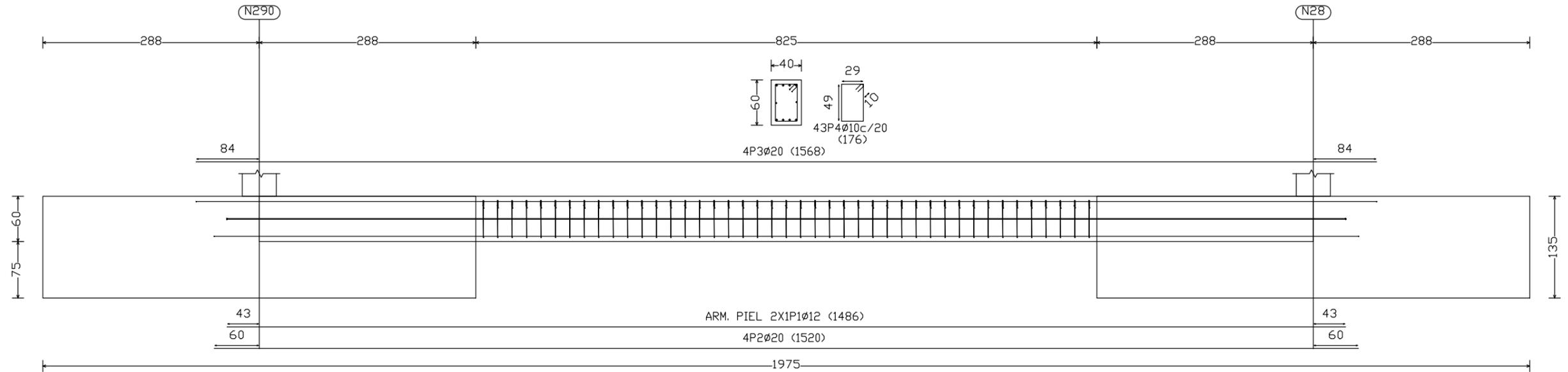


VC.T-3 [N6-N9], VC.T-3 [N118-N130], VC.T-3 [N130-N128], VC.T-3 [N128-N126], VC.T-3 [N126-N124], VC.T-3 [N124-N122], C [N118-N132] y C [N134-N132]

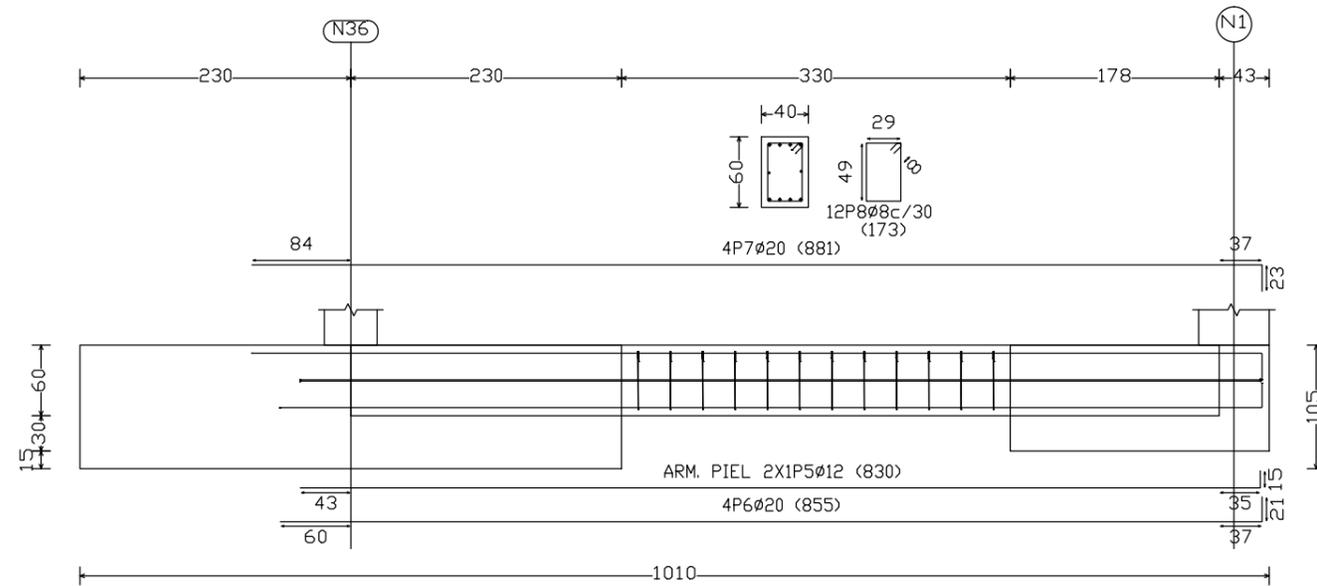


	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	
ESCALA: 1:60	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	Nº PLANO: 16
	Título del plano: VIGAS DE ATADO (3)	

VC.S-2.2 [N290-N28]



VC.S-2 [N36-N1] y VC.S-2 [N37-N31]



UNIVERSITAT  
JAUME·I

Título del proyecto:  
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL

Proyectista:  
BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO

Tutor:  
DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO

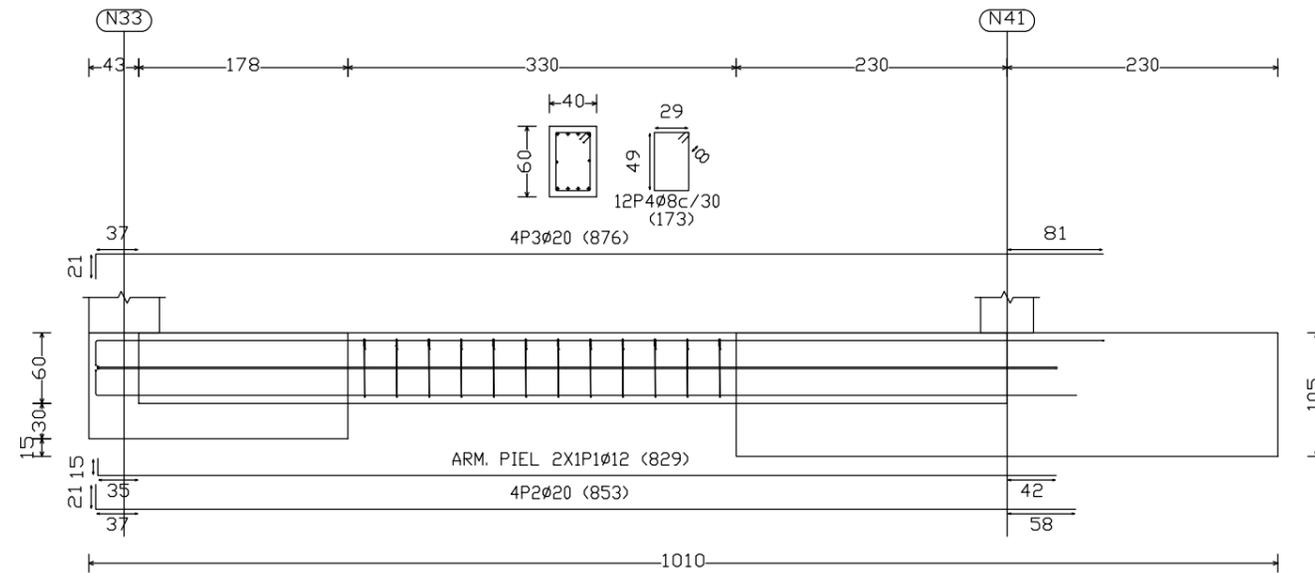
Título del plano:  
VIGAS CENTRADORAS (1)

FECHA:  
DICIEMBRE  
2015

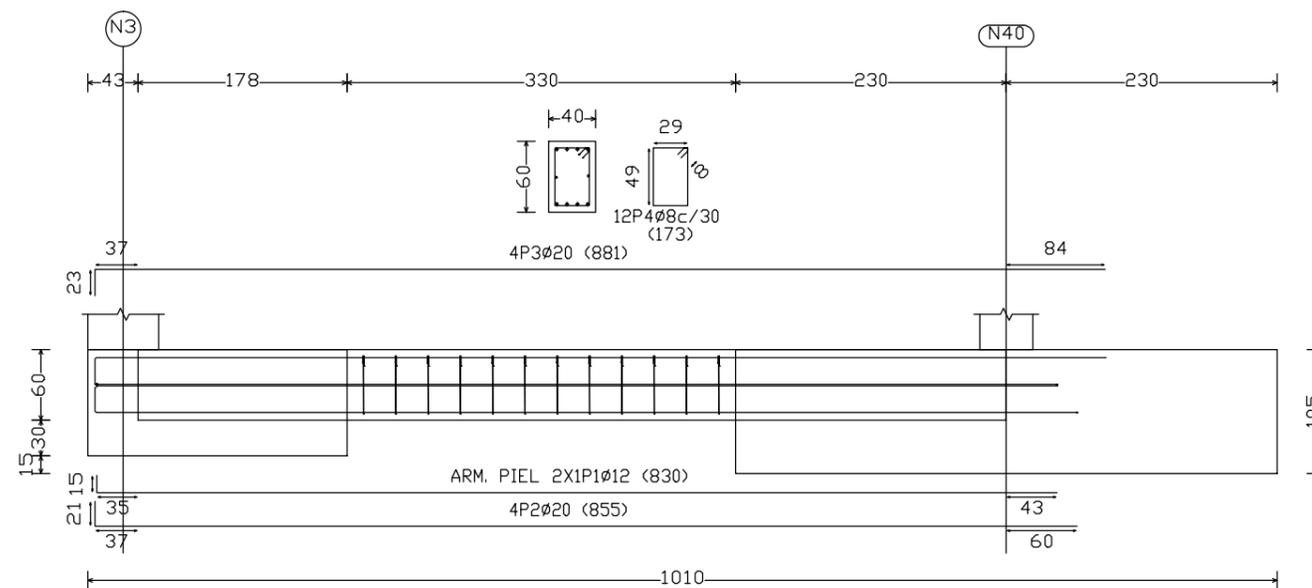
Nº PLANO:  
17

ESCALA:  
1:60

VC.S-2 [N33-N41]



VC.S-2 [N3-N40]



UNIVERSITAT  
JAUME·I

ESCALA:  
1:60

Título del proyecto:  
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL

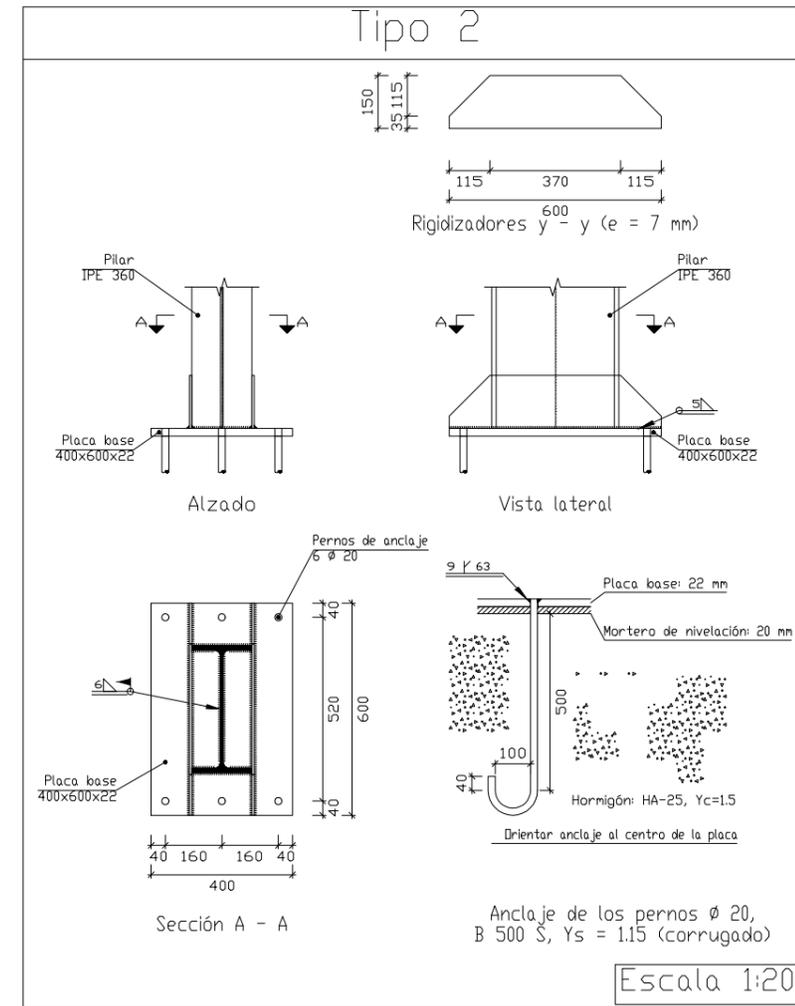
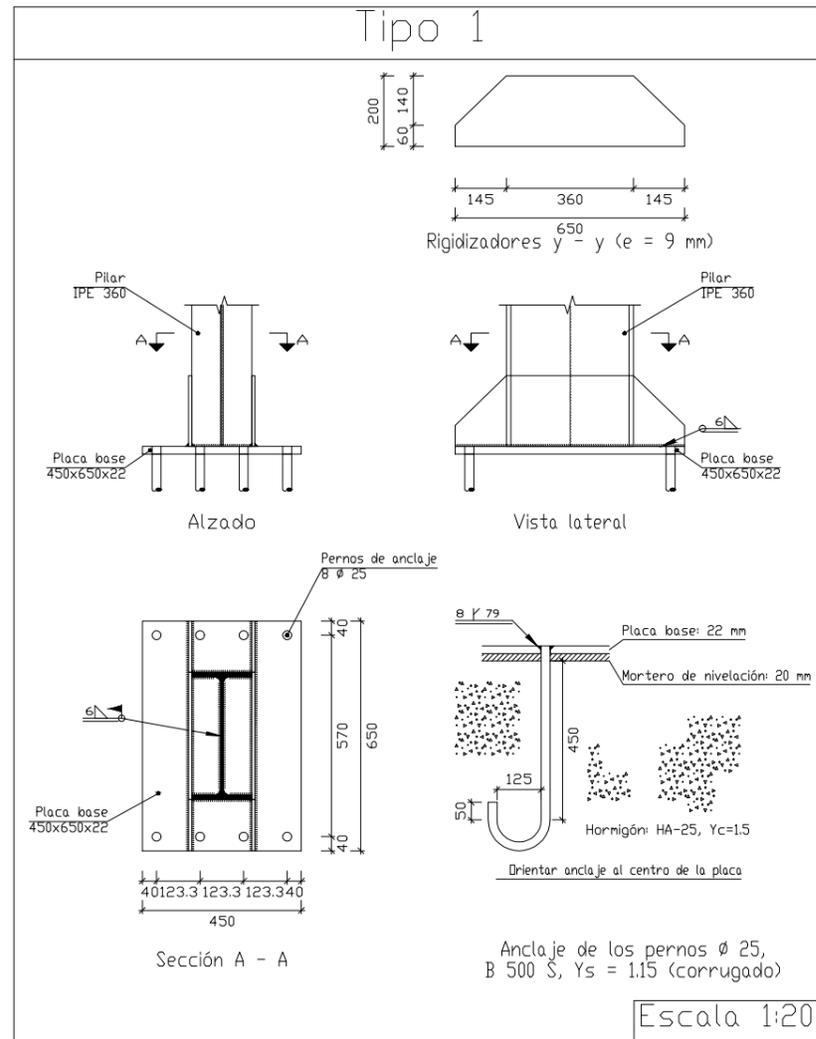
Projectista:  
BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO

Tutor:  
DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO

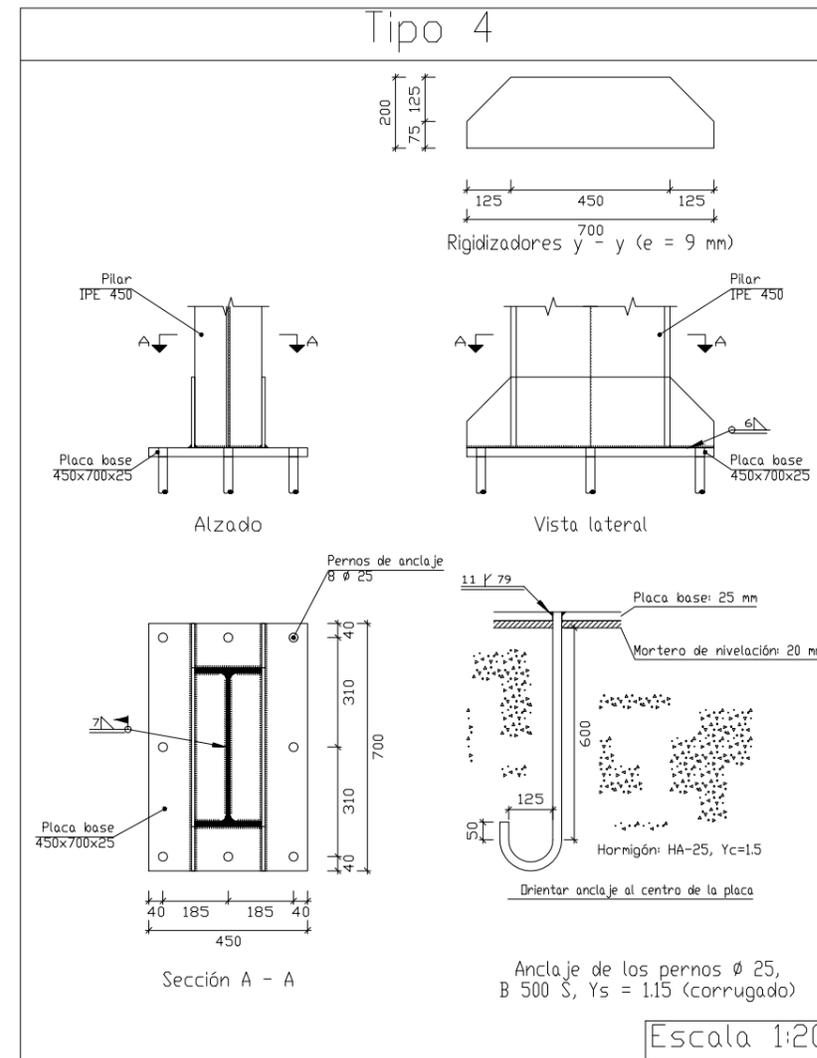
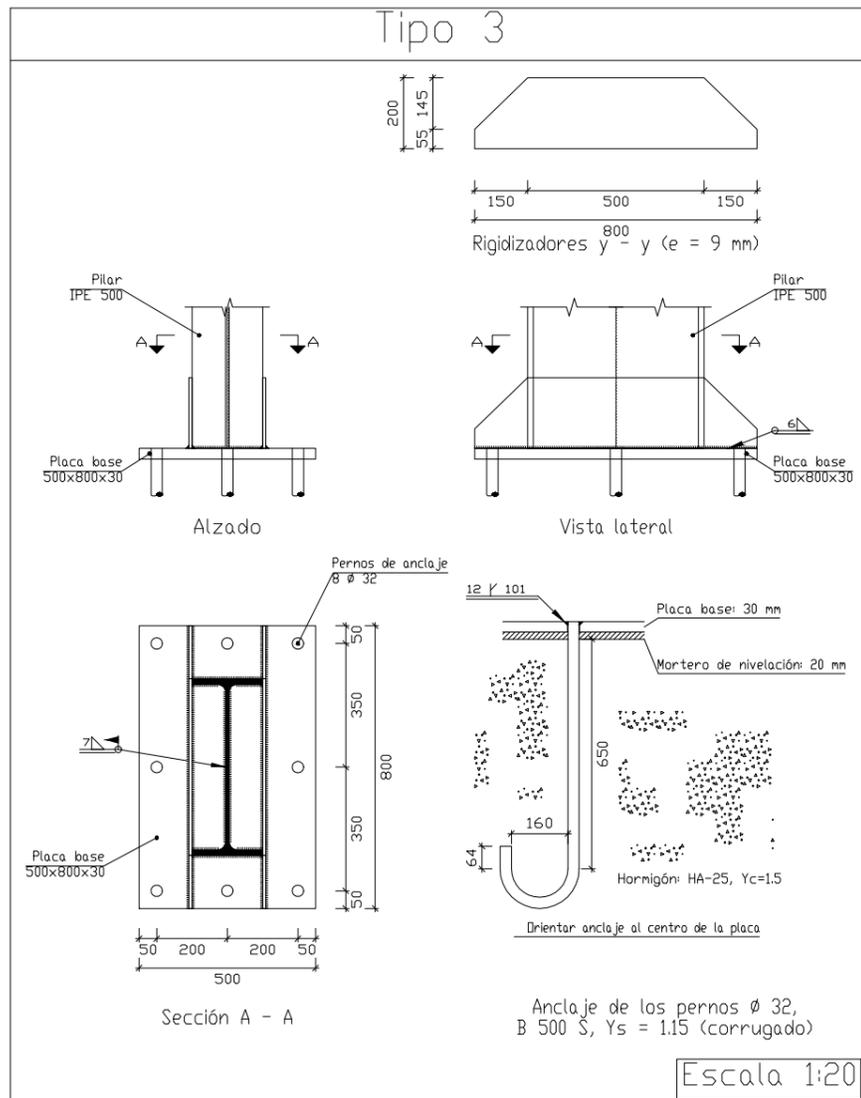
Título del plano:  
VIGAS CENTRADORAS (2)

FECHA:  
DICIEMBRE  
2015

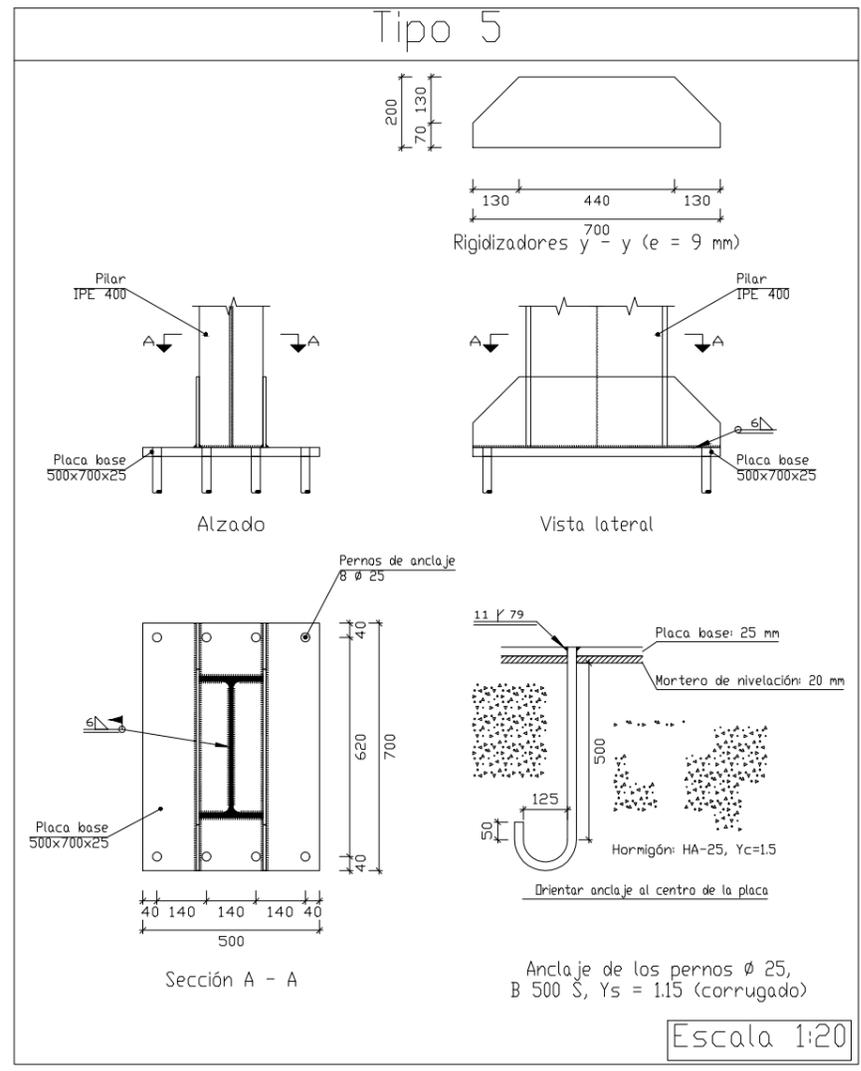
Nº PLANO:  
18



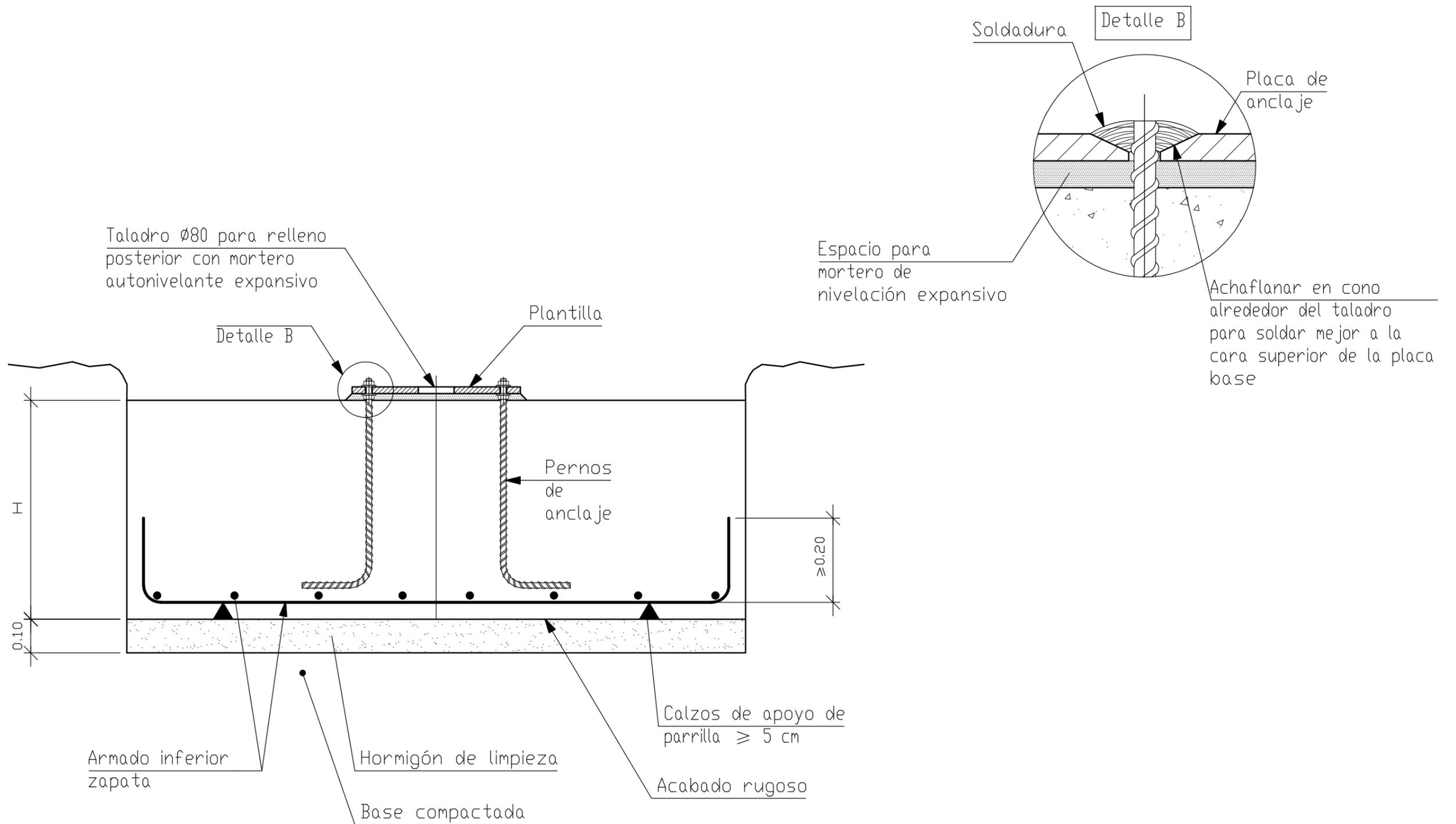
 <b>UNIVERSITAT JAUME I</b>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO:  19
ESCALA:  1:20	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: PLACAS DE ANCLAJE TIPO 1 Y TIPO 2	



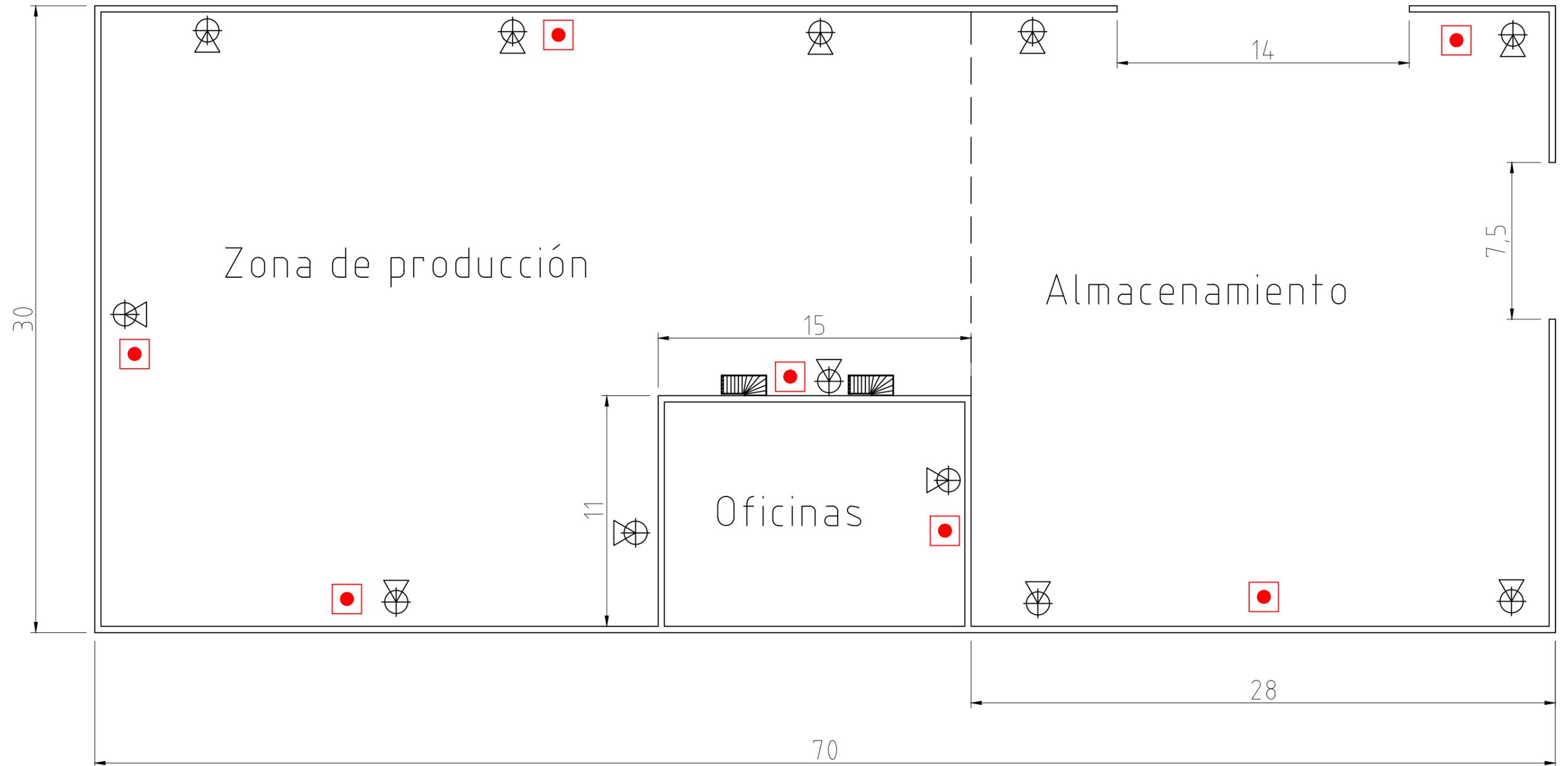
 <b>UNIVERSITAT JAUME·I</b>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO:  20
ESCALA:  1:20	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: PLACAS DE ANCLAJE TIPO 3 Y TIPO 4	



 <b>UNIVERSITAT JAUME I</b>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Proyectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO:  21
ESCALA:  1:20	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: PLACAS DE ANCLAJE TIPO 5	



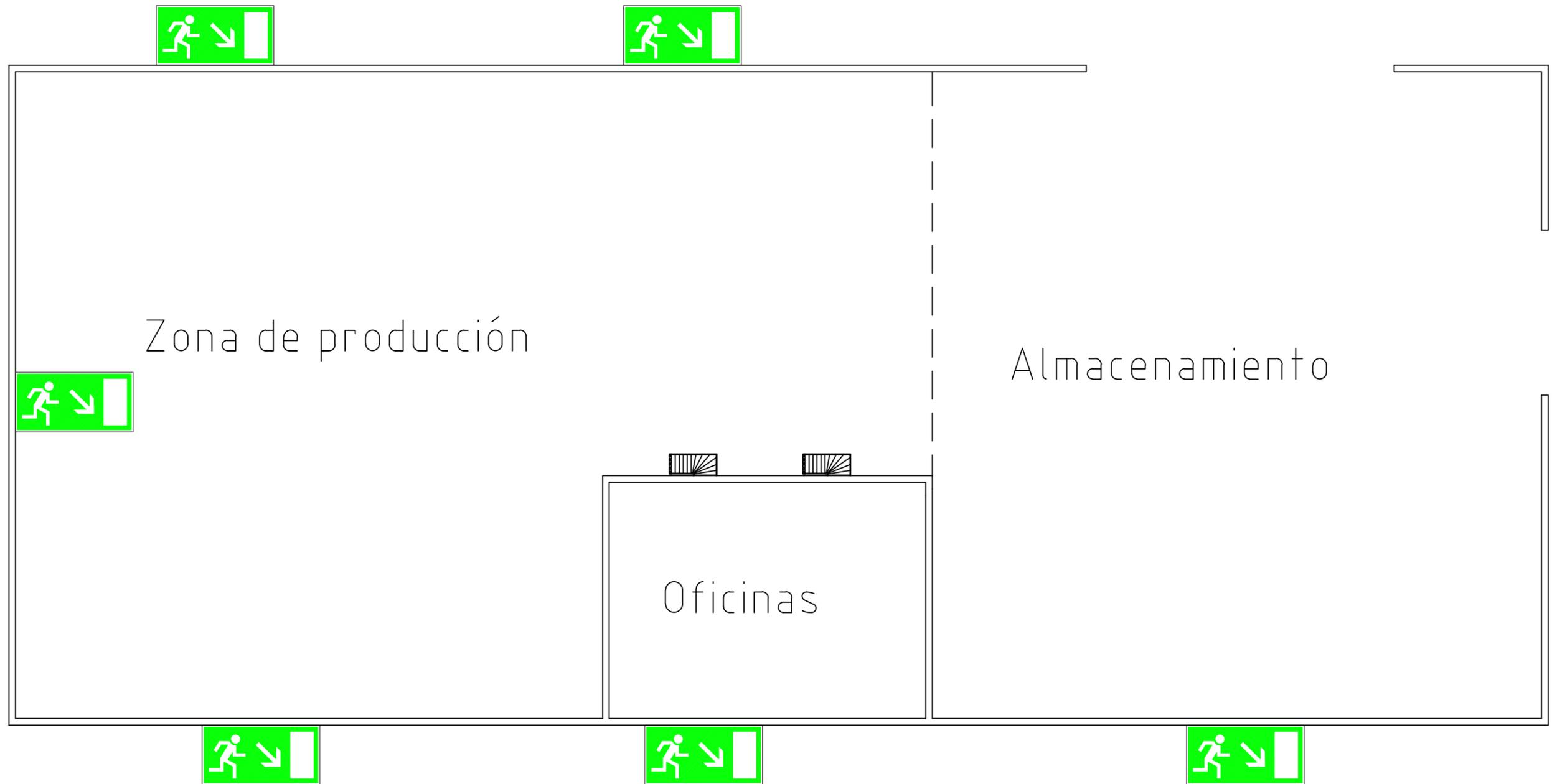
 <b>UNIVERSITAT JAUME·I</b>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO:  22
ESCALA: SIN ESCALA	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: DETALLE DE SISTEMA DE ANCLAJE PARA PLACAS	



Leyenda:

	Extintor
	Pulsador

	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	Nº PLANO: 23
ESCALA: 1:200	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	
	Título del plano: ALARMAS Y EXTINTORES	



Leyenda

Salida de emergencia 

 <b>UNIVERSITAT JAUME·I</b>	Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA NAVE INDUSTRIAL	FECHA: DICIEMBRE 2015
	Projectista: BERNARDO MARTÍNEZ NAVARRO	
ESCALA: 1:200	Tutor: DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO	Nº PLANO: 24
	Título del plano: SALIDAS DE EMERGENCIA	