

emeri ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO ATALA

SECCIÓN INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

--

FDO.: FECHA:	FDO.: FECHA:
-----------------	-----------------



**2. MEMORIA**

<b>2.1. MEMORIA DESCRIPTIVA</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1.1. OBJETO DEL PROYECTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1.2. AGENTES</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1.3. EMPLAZAMIENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.4. ALCANCE DEL PROYECTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1.5. ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1.6. REQUISITOS DE DISEÑO</b> .....	<b>9</b>
2.1.6.1. Condiciones exigidas por el cliente.....	9
2.1.6.2. Condiciones exigidas por la ley .....	10
<b>2.1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1.8. NORMAS Y REFERENCIAS</b> .....	<b>13</b>
2.1.8.1. Disposiciones legales y normas aplicadas .....	13
2.1.8.2. Bibliografía.....	14
<b>2.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.1. ANÁLISIS DE SOLUCIONES</b> .....	<b>16</b>
2.2.1.1. Acciones, hipótesis de carga y coef. de seguridad .....	16
2.2.1.2. Tipo de estructura.....	16
2.2.1.3. Tipo de pórtico .....	18
2.2.1.4. Tipo de apoyo.....	19
2.2.1.5. Tipo de nudo.....	19
2.2.1.6. Tipos de elementos secundarios .....	19
2.2.1.7. Tipos de uniones .....	21
2.2.1.8. Tipos de cerramiento de cubierta .....	22
2.2.1.9. Tipos de cerramiento de fachada .....	23
2.2.1.10. Tipo de correas.....	25
<b>2.2.2. SOLUCIONES ADOPTADAS</b> .....	<b>25</b>
2.2.2.1. Materiales escogidos .....	25
2.2.2.2. Tipo de estructura.....	26
2.2.2.3. Tipo de pórtico .....	26
2.2.2.4. Tipo de apoyo.....	26
2.2.2.5. Tipo de nudo.....	26
2.2.2.6. Tipo de entramados.....	26
2.2.2.7. Tipo de uniones .....	26
2.2.2.8. Tipo de cerramiento de cubierta .....	27
2.2.2.9. Tipo de cerramiento de fachada .....	30
2.2.2.10. Tipo de correas.....	31
<b>2.2.3. DESCRIPCIÓN COMPLETA DE LA CONSTRUCCIÓN</b> .....	<b>33</b>
2.2.3.1. Estructura metálica principal.....	33
2.2.3.2. Arriostramientos .....	37
2.2.3.3. Vigas de atado de pórticos .....	40
2.2.3.4. Pilarillos .....	40
2.2.3.5. Uniones .....	41
2.2.3.6. Placas de anclaje .....	48
2.2.3.7. Cimentación.....	50
2.2.3.8. Solera .....	56
2.2.3.9. Estabulación mediante cubículos .....	58

2.2.3.10. Tabiquería interior.....	61
2.2.3.11. Descripción de elementos interiores.....	61
2.2.3.12. Fosas.....	64
2.2.3.13. Saneamiento .....	65
<b>2.2.4. PLANIFICACIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>2.3. CUMPLIMIENTO DEL CTE .....</b>	<b>67</b>

## **2.1 MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **2.1.1. OBJETO DEL PROYECTO**

El presente proyecto tiene por objeto la definición de las obras y estudios necesarios para la realización de una nave industrial con un almacén adosado, cuyo uso irá destinado a la explotación de ganado lechero. En la actualidad, existe una nave que desarrolla dicha actividad, pero dada a su obsolescencia se procederá a su demolición y a la posterior construcción de una nueva nave que facilite y mejore las condiciones para realizar todas las actividades requeridas. La nave principal será utilizada como estabulación para el ganado y la nave adosada a esta, para el almacenamiento de alimentos. Además, contará con un foso en el exterior para el almacenamiento de purines.

Para el diseño del proyecto se ha tenido en cuenta el uso que se le dará a la nave, y se ha actuado en consecuencia proyectándola de acuerdo a los requerimientos previos tanto de tamaño como de funcionalidad, logrando una estructura idónea y dotada de todas las estructuras para el desarrollo de la actividad.

Teniendo en cuenta que el tiempo es un factor clave en la mayoría de los ámbitos industriales, se ha proyectado la nave evitando complicaciones innecesarias en la estructura que permitan agilizar su construcción. Es por ello que la estructura se ha realizado enteramente de acero con los elementos secundarios, tales como cerramientos. De esta forma se logra la consecución del objetivo en un tiempo reducido y sin incurrir en costes elevados.

La estructura estará ubicada en el barrio de Las Mieres, municipio de Castro Urdiales, en la provincia de Cantabria.

### **2.1.2. AGENTES**

#### Propiedad-Promotor:

La parcela está formada por las parcelas 220, 221 y 222 del municipio de Castro Urdiales y son propiedad de la ganadería Ruiz Riacho S.C. Actualmente destinada a la actividad de explotación de ganado lechero.

#### Encargo y autor del proyecto:

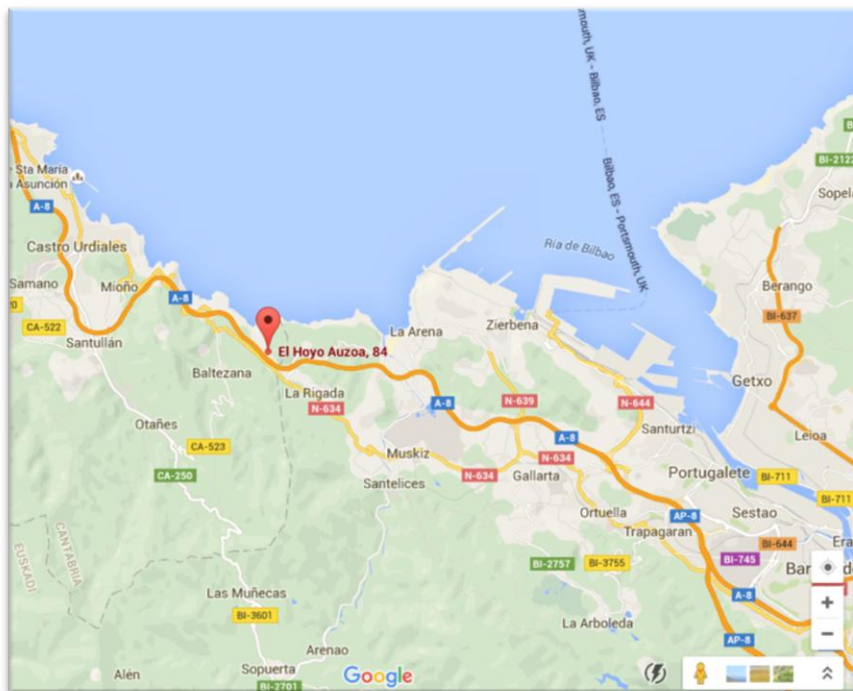
EL propietario ha encargado la ejecución del proyecto a la Ingeniera Nora Ruiz Riancho.

### 2.1.3. EMPLAZAMIENTO

El terreno elegido para la construcción de la nave es el formado por la unión de tres parcelas, los propietarios de las tres pertenecen a la misma familia y actualmente forman un único terreno delimitado, apto para la explotación de ganado lechero. De manera que la nave existente será sustituida por la diseñada en este proyecto, habiendo permitido el Ayuntamiento de Castro Urdiales la demolición de la misma. Dicha demolición no es objeto de estudio en el presente proyecto, por lo que se parte de un solar en el que habrá que realizar el acondicionamiento necesario del terreno.

Dichas parcelas de suelo rústico son la 220, 221 y la 222, y con la unión de las mismas se obtiene una parcela única de aproximadamente 52.036 m<sup>2</sup> de superficie. La superficie edificable en dicho terreno está limitada a unos 2.000 m<sup>2</sup>, que es lo que abarca la nave actual junto con sus correspondientes accesos. El resto de la superficie forma parte de los pastos para el ganado.

El solar está situado en el Barrio Las Mieres, perteneciente a Castro Urdiales, en la provincia de Cantabria. Esta zona está destinada al uso agrario, por lo que solo están permitidas las obras para dicho fin.



*Fig. 1. Plano general de situación.*



**Fig. 2.** Parcelas 220, 221 y 222.

Los servicios con los que cuenta el complejo industrial son:

- Acceso a Carreteras generales y Autovías
- Acceso a Agua Potable.
- Alumbrado Público.
- Electricidad.
- Red de Alcantarillado.
- Teléfono.
- Zonas verdes, Otros servicios comunes

#### **2.1.4. ALCANCE DEL PROYECTO**

El presente proyecto conlleva el cálculo de todas las estructuras y elementos necesarios para la instalación de una explotación de ganado vacuno lechero.

Se calcula la estructura completa de la nave, lo cual abarca desde los cerramientos, acabados, uniones, cimentaciones etc., hasta el cálculo de la red de saneamiento.

Por otro lado se incluye el cálculo y dimensionamiento la fosa de purines, definiendo el sistema de canalización hasta la fosa, así como la fosa de ordeño.

El proyecto se centra especialmente en el cálculo estructural de la nave, dando menor importancia al cálculo de las instalaciones auxiliares.

No forma parte del presente proyecto el cálculo de la instalación eléctrica, ni las instalaciones interiores de cubículos, bebederos, comederos etc. Ni el sistema de limpieza automatizada de arrastre mediante paletas. Tampoco se incluye el sistema de ordeño ni de almacenamiento de leche; ni por consiguiente el cálculo de fontanería y tuberías requerido para la construcción. De todo ello se encargará una empresa externa.

Sí entra dentro del presente proyecto la definición del espacio físico destinado a estas instalaciones, así como las medidas y parámetros necesarios de la solera para implementarlas, por lo que en el presente documento se expondrán brevemente aquellos elementos interiores de que dispondrá la nave.

Para llevar a cabo el cálculo de la nave resulta necesario, previamente al diseño de la misma, el estudio de las diferentes alternativas de materiales, instalaciones y soluciones estructurales que actualmente ofrece el mercado, con el fin de optar por las opciones que mejor se adecuen.

Una vez definido el diseño de las estructuras y seleccionados elementos que las componen, se llevan a cabo las comprobaciones de su capacidad resistente y se verifica si cumplen las solicitaciones.

Para todo ello será de aplicación el CTE y todos sus Documentos Básicos (DB), además de las distintas normativas establecidas para los diferentes ámbitos de estudio, cumpliendo de esta forma con las exigencias básicas y los límites que deben cumplir las edificaciones y sus instalaciones.

Los documentos que definen el presente proyecto, acorde al CTE y la norma UNE 157001:2002 son los siguientes:

DOCUMENTO 1: ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 2: MEMORIA

DOCUMENTO 3: CÁLCULOS

DOCUMENTO 4: PLANOS

DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 6: MEDICIONES

DOCUMENTO 7: PRESUPUESTO



## DOCUMENTO 8: ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

- 8.1. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
- 8.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO
- 8.3. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD
- 8.4. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS

### 2.1.5. ANTECEDENTES

El presente proyecto procede de la necesidad de renovación de la explotación ganadera existente por una explotación totalmente renovada y diseñada de acuerdo a las tecnologías actuales, con el fin de aumentar producción lechera y ser una ganadería viable y de alto rendimiento dentro del sector lechero Español.

Para ello, se ha realizado un breve análisis del actual estado del sector lechero en el norte de España, basado en el mercado lácteo Europeo actual.

- Flujos comerciales

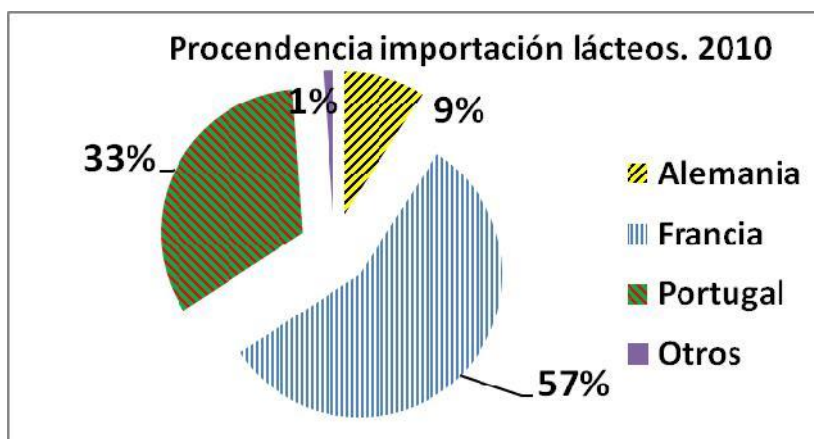
Aproximadamente el 8% de la leche producida en el mundo se comercializa internacionalmente, es decir, que en su mayoría la leche se produce y consume localmente. Además, el 67% de la leche en el mundo proviene de razas lecheras de alto rendimiento, es decir que hay una cantidad muy significativa de la leche mundial que se produce siguiendo esquemas de modelos productivos intensivos. Los dos datos tienen una clara tendencia al alza en los últimos años. En realidad la leche no se mueve por el mundo en forma líquida sino que el formato de exportación-importación son el queso y, especialmente, la mantequilla y la leche en polvo (desnatada o entera).

La Unión Europea es el principal productor mundial de leche, seguida de cerca por la India y los Estados Unidos, entre los tres producen casi la mitad de la leche del mundo.

Dado que el formato de exportación de leche europea es básicamente en polvo resulta de interés ver qué empresas realizan esta conversión y ello por dos motivos, uno porque reciben cuantiosas ayudas públicas por hacerlo y dos porqué el control de la producción y comercialización les otorga una importante influencia en los precios mundiales.

¿En qué influye a la viabilidad de las explotaciones lecheras de España? Pues básicamente en el precio. La entrada o salida de leche a la UE afecta

directamente al precio interno, las oscilaciones de los precios mundiales de la leche y derivados también. Pero hay otro flujo muy importante y es al interior de la UE.



El otro elemento sin duda preocupante se refiere a la fluctuación de los precios de las materias primas utilizada para la realización de piensos. Sin olvidar que los precios de los forrajes que se puedan adquirir en el exterior también están directamente relacionados con los precios de las materias primas utilizada para los piensos

Materia prima	Incremento en precio. Junio 2010 – Enero 2011
Trigo	63,8%
Soja	21,7%
Cebada	78,6%
Maíz	41,8%

**Tabla.** Incremento de los precios de los granos básicos utilizados en la elaboración de pienso

Como actividad económica, el Sector Lácteo representa en el Estado español el 21% de la Producción Final Ganadera (fundamentalmente derivada de la importancia económica de la leche de vaca lo que representa el 78% de este valor) así como el 6 % de la Producción Final Agraria

El incremento de los costes de producción en el sector lácteo no sólo responde a la escalada en los precios de los cereales y por tanto de la alimentación animal si no a un incremento generalizado de los insumos o gastos fijos como son los fertilizantes, gastos veterinarios, energía, etc... Además, en el sector lácteo se da la particularidad de que los costes globales de producción dependen de varios factores socio-económicos diferenciales respecto al resto de producciones ganaderas: 1. Cantidad de cuota adquirida, lo que conlleva periodos de amortización en función del precio de compra. 2. Capital invertido en instalaciones: sala de ordeño y maquinaria. 3. Capital humano que trabaje en la explotación, pueden ser trabajadores que pertenecen a la unidad familiar o bien por cuenta ajena.

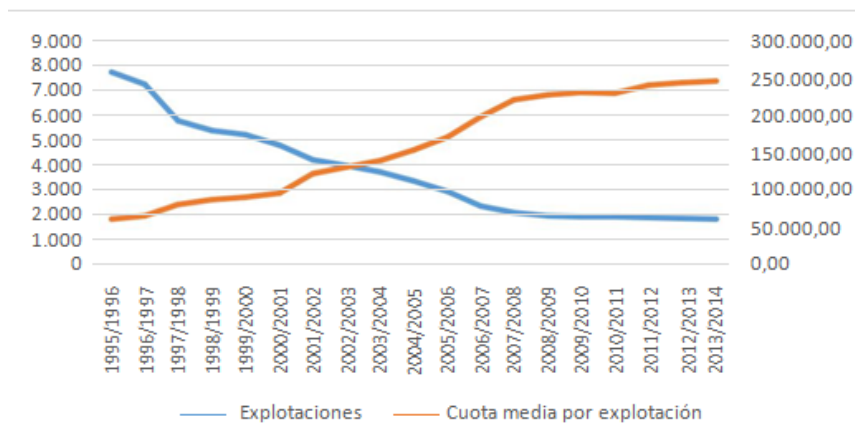
- Acción política del estado en apoyo al sector lechero.

Las propuestas para el sector productor de leche tienen como objetivo, por un lado, evitar la deslocalización y el abandono de la producción lechera en determinadas zonas, mediante un apoyo específico a las explotaciones que por sus características intrínsecas o por su ubicación tienen mayores dificultades para el mantenimiento de la actividad, garantizando la viabilidad del mayor número posible de explotaciones durante la fase de transición hacia la desaparición del régimen de cuota láctea, buscando proporcionar una renta y calidad de vida que remunere, además del trabajo, las aportaciones de índole medio ambiental y social que el mercado por sí solo no es capaz de recompensar. Por otro lado, el objetivo principal es mejorar la calidad de la leche y productos lácteos para mejorar la renta de las explotaciones en base al mayor valor obtenido de la venta de su producción amparada por determinadas denominaciones de calidad.

- Evolución de la estructura productiva cántabra

Como ya se ha precisado anteriormente, la producción en Cantabria ha tenido como base la actividad de las pequeñas explotaciones que suponían la mayor parte de la actividad. Debido a la escasez de superficie, las de menor tamaño

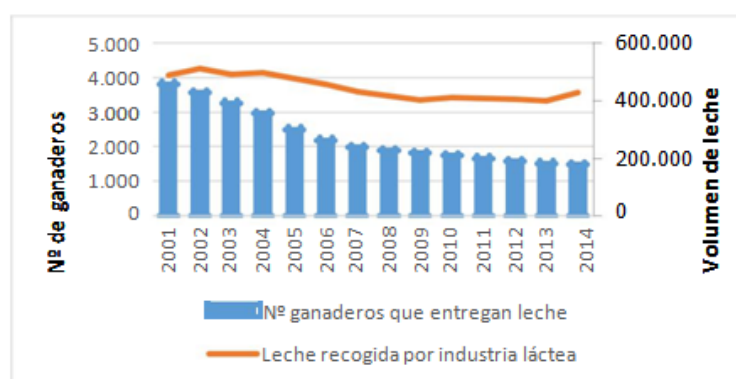
fueron las más perjudicadas. Por esta razón estas modificaciones han transformado, aunque no totalmente, el modelo productivo cántabro.



**Fig. 3.** Número de explotaciones y cuota media por explotación en Cantabria.

Fuente: elaboración propia a través del Instituto Cántabro de Estadística (ICANE)

Sin embargo, el proceso de reestructuración no tiene origen exclusivamente en la regulación comunitaria. Hay una serie de aspectos que afectan de forma negativa a la producción de leche. Se trata de problemas demográficos, como son el escaso reemplazo generacional, y el envejecimiento del colectivo productor (Calcedo, 2004).



**Fig. 4.** Evolución del número de ganaderos y de la leche producida.

Como se puede comprobar, la producción láctea española ha sufrido una intensa reestructuración a partir de la cual se ha incrementado considerablemente el tamaño de las explotaciones, y ha favorecido el

establecimiento del sistema productivo intensivo. Este proceso ha incentivado la competitividad, sin embargo, el ritmo de modernización ha sido más lento que en el resto de la Unión Europea.

## **2.1.6. REQUISITOS DE DISEÑO**

### **2.1.6.1. Condiciones exigidas por el cliente**

Para la realización del presente proyecto, el cliente exige unas condiciones determinadas, a fin de obtener una nave de estabulación de ganado acorde al volumen de ganado y a las exigencias del mercado actual, que se deben tener en cuenta a la hora de proyectar la nave.

Por una parte, la nave se sitúa en las parcelas anteriormente especificadas donde el cliente tiene su actual estabulación, en el municipio de Castro Urdiales, la cual sustituirá por la nave a proyectar. Se trata de una nave de estabulación de ganado lechero y su correspondiente almacén de materias primas adosado a esta; además, el proyecto incluye un foso excavado para el ordeño en el interior de la estabulación y un foso de almacenamiento de purines ubicado en la parte trasera de la nave, perfectamente aislado para evitar el vertido de los mismos. La construcción deberá cumplir con los siguientes requisitos geométricos, a fin de poder satisfacer las necesidades del cliente:

- Longitud de la nave: 45 m
- Luz libre: 25 m
- Distancia entre pórticos: 5 m, con lo cual habrá 10 pórticos.
- Pendiente del faldón: 17,58%, con lo que:  $\alpha = \arctg \frac{17,58}{100} = 10^\circ$
- Altura de la nave:
  - Altura de la estabulación: 6,67 m
  - Altura del almacén: 5,53 m
- Altura de la fachada lateral: 5 m
- Foso de ordeño:
  - Profundidad: 0,95m
  - Longitud: 5,3m
  - Anchura: 2,5m

- Foso para purines:
  - Profundidad: 4m
  - Longitud: 8m
  - Anchura: 8m

En lo que respecta a la cimentación de la nave, así como otros datos relacionados con la estructura y que no han sido mencionados, el cliente no ha exigido condición alguna, por lo que deja en manos del proyectista la elección de los elementos estructurales y de cimentación.

#### **2.1.6.2. Condiciones exigidas por la ley**

Además de las condiciones exigidas por el cliente, el presente proyecto debe cumplir también las condiciones legales impuestas por la ordenanza municipal del Ayuntamiento de Castro Urdiales para este tipo de construcciones, concretamente las ubicadas en suelo rústico y destinadas para fines agrícolas o ganaderos; prevaleciendo estas sobre las exigidas por el cliente. Dichas condiciones han sido mencionadas en el documento 5 correspondiente al Pliego de Condiciones.

#### **2.1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Se trata de dos naves adosadas de planta rectangular y estructura metálica con una cubierta a dos aguas y compuestas por pórticos rígidos unidos entre sí mediante correas. Estos pórticos están formados por perfiles de alma llena, junto con el resto de elementos estructurales y cerramientos correspondientes. La superficie en planta de la nave a construir es de 1125 m<sup>2</sup>.

La estructura de la nave en su totalidad se realizará a base de perfiles HEB en el caso de los pilares, y de perfiles IPE en el caso de las vigas. El montaje en obra por su parte, se realizará, en la mayor medida de lo posible, mediante uniones atornilladas; con el objetivo de realizar el menor número de soldaduras posibles, dada su complejidad.

La nave de mayor con una luz de 19m, está destinada a la estabulación del ganado y cuenta en su interior, con los correspondientes elementos necesarios para la estancia del ganado, tales como comederos, bebederos, cubículos etc. Estos elementos, se implantan una vez finalizada la construcción, por lo que se diseña y dimensiona el espacio para abarcar

dichos elementos. Además, existe una zona dedicada para el ordeño del ganado, separada mediante tabiques de hormigón de 10cm de espesor y 3,5m de altura.

Por su parte, la nave menor (luz de 6m), es la encargada de albergar las materias primas destinadas a la alimentación del ganado, tales como paja, pienso y forraje.

Ambas naves adosadas no cuentan con ningún tipo de división en su interior, de forma que se habilita el tránsito de tractores y vehículos agrícolas menores desde la zona del almacén hasta el pasillo de alimentación del ganado, con el fin de facilitar dicha actividad.

La nave íntegra es semiabierta, ya que cuenta con cerramientos en ambos laterales a lo largo de toda su longitud, compuestos por un muro perimetral de hormigón de 2m de altura y un panel sándwich de 40mm de espesor a partir de dicha altura. En las fachadas frontal y trasera en cambio, la nave es mayormente abierta. En la fachada frontal se dispone de un tramo con cerramiento con el fin de proteger la zona dedicada al ordeño de ganado, mientras que la fachada trasera se encuentra abierta casi en su totalidad para facilitar la evacuación de los purines hacia la fosa.

La evacuación de los purines generados en el interior de la estabulación se evacúan mediante un sistema de arrastre compuesto por dos palas ubicadas en los dos pasillos de estancia del ganado. De manera que los purines son arrastrados hacia la parte trasera de la nave hasta la prefosa, situada en la fachada trasera. A continuación, mediante un sistema de canalización, los purines son trasladados hacia la fosa de almacenamiento.

La instalación del foso exterior tiene como propósito el almacenaje de los purines generados en el interior de la nave industrial. Dicha estructura de planta cuadrada de 8m x 8m y 4m de profundidad, abarcará un volumen de 256 m<sup>3</sup> y se realizará íntegramente de hormigón armado.

Por último, junto con el cálculo del foso exterior, se llevará a cabo el de un foso interior que forma parte de la sala de ordeño del ganado, cuya función es la de acoger a la persona que realiza dicha tarea, así como parte de la maquinaria para llevarla a cabo.

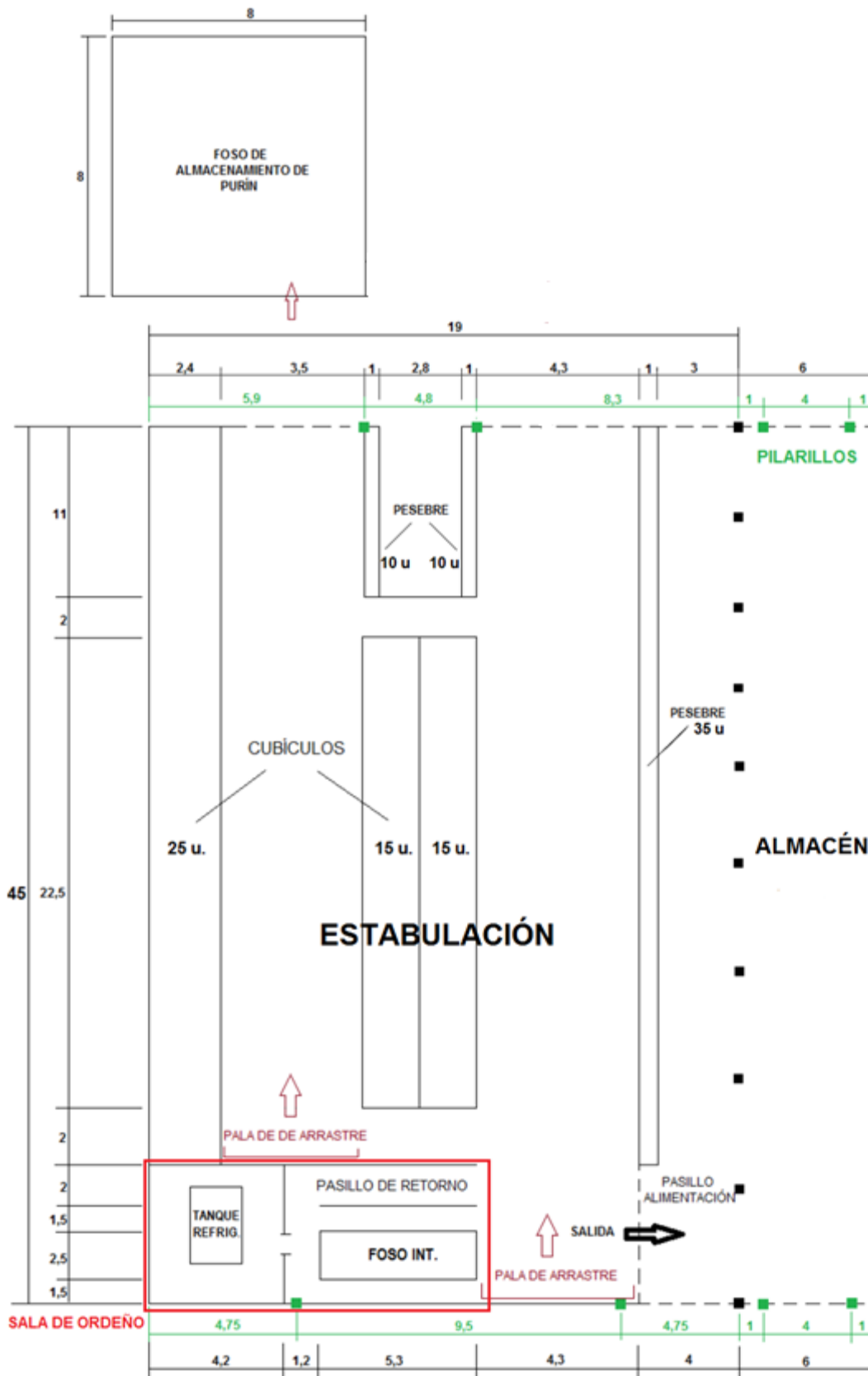


Fig. 5. Croquis de planta interior de la nave.



## **2.1.8. NORMAS Y REFERENCIAS**

### **2.1.8.1. Disposiciones legales y normas aplicadas**

De acuerdo con la teoría de la elasticidad y resistencia de los materiales, el cálculo estructural se ha realizado en régimen elástico. Para la determinación de los elementos estructurales de la nave, se han seguido las indicaciones de la normativa vigente, es decir, el **Código Técnico de la Edificación CTE**, en el que se distinguen las siguientes normas:

*DB SE-AE Seguridad estructural. Acciones en la edificación.*

*DB SE-A Seguridad estructural. Acero.*

*DB-SE-C Documento Básico de Cimientos*

*DB-SI Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio*

*DB-SUA Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad*

*DB-HS Documento Básico de Salubridad*

El código técnico de la edificación establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, se debe garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente. Se trata de un documento que agrupa las ya derogadas Normas Básicas de la Edificación (NBE), las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) y las Soluciones Homologadas de la Edificación (SHE).

Dicho Código fue aprobado por la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) 38/1999 del 5 de noviembre, el 6 de mayo de 2000, fecha esta última en la que entró en vigor.

Asimismo, para el empleo del hormigón resulta de obligado cumplimiento la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08), en la que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de la protección del medio ambiente, proporcionando procedimientos

En lo que concierne al sistema de seguridad contra incendios además del citado DB-SI, el proyecto cumple con el **R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre**, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en establecimientos industriales.

En lo que respecta a la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) generados en obra, se siguen las exigencias determinadas en el R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el cual se regula la producción y la gestión de los residuos de construcción y demolición; y con la orden MAM 304/2002, por la que se establecen las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Para la realización del estudio de control de calidad en obra, el presente proyecto y todos sus documentos cumplen con el R.D. 209/2014, de 28 de octubre, que regula el control de calidad en la construcción.

En lo referente a seguridad en la obra, el proyecto y todos sus documentos cumplen con la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre la Prevención de Riesgos Laborales y con el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en la obra.

En lo referente a la normativa urbanística se ha aplicado el Plan General de Ordenación Urbana de Castro Urdiales, Diciembre 1996, teniendo en cuenta todas sus posteriores modificaciones.

Asimismo, se cumplen con las Normas Tecnológicas “NTE” de aplicación voluntaria, que plantean soluciones técnicas recomendables para casos prácticos normales de edificación, entre las que destacan las siguientes:

*NTE-ISS – “Saneamiento”*

*NTE-RSS – “Soleras”*

### **2.1.8.2. Bibliografía**

La bibliografía utilizada para la realización del presente proyecto se clasifica de la siguiente manera:

#### 2.1.8.2.1. Libros:

- ARGÜELLES ÁLVAREZ, R.: “La estructura metálica hoy”. Tomos I y II. Bellisco S.A. ediciones
- Hormigón Armado, Jimenez Montoya.
- Manual avanzado para el uso del módulo “Nuevo Metal 3D” de CYPE.
- Gere, J.M.; Timoshenko, S.P. “Resistencia de materiales”.

- Olmos Martínez, Pedro J.: “Cimentaciones superficiales Diseño de zapatas”. U.V.
- CALAVERA RUIZ, J.: “Cálculo de estructuras de cimentación”

#### 2.1.8.2.2. Prontuarios y catálogos:

- Grupo panel sandwich
- Sider panel
- Prontuario de perfiles metálicos
- Catálogo de Industrias metálicas Govi
- Catálogo de KB Blok

#### 2.1.8.2.3. Programas de cálculo

- Generador de pórticos (CYPE)
- Nuevo Metal 3D
- AutoCAD 2015 Cespla
- Excel

En este caso se ha optado para el cálculo de la nave por el paquete informático de CYPE ingenieros.

Se trata de una potente aplicación para el cálculo de estructuras de edificios, naves industriales y cualquier otro tipo de estructura resistente.

Mediante la aplicación de métodos matriciales obtiene de una forma relativamente sencilla y fiable el dimensionado y optimización de las estructuras, ya sean de hormigón, metálicas o combinadas.

En él hay diferentes módulos según lo que se quiera calcular. En la realización de este proyecto se han utilizado dos, el Generador de Pórticos y CYPE Metal3D Clásico.

Posteriormente, se ha hecho uso de AUTOCAD, programa de diseño asistido por ordenador para dibujo en dos o tres dimensiones.

## 2.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

### 2.2.1. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

#### 2.2.1.1. Acciones, hipótesis de carga y coeficientes de seguridad

La nave se ubicará en una zona rústica en la localidad de Castro Urdiales, en la provincia de Cantabria.

Las acciones a considerar en el cálculo:

##### Cargas permanentes:

- Peso específico del acero: 7850 kg/m<sup>3</sup>.
- Peso específico del hormigón armado: 2500 kg/m<sup>3</sup>.

##### Cargas variables:

- Sobrecarga de viento: ver en el Documento 3 correspondiente a los Cálculos.
- Sobrecarga de nieve: 30 kg/m<sup>2</sup>.

El cálculo de la estructura se ha realizado según la hipótesis de carga más desfavorable, es decir, bajo la combinación de las acciones permanentes y variables en la situación más crítica.

Los coeficientes de seguridad empleados en los cálculos son los siguientes:

- Cargas permanentes  $\gamma_f = 1,35$
- Cargas variables  $\gamma_f = 1,50$

Por último, mencionar que la tensión de cálculo admisible del terreno donde se construirá la nave, dada la información existente de edificios próximos, se ha estimado en un valor de:  $\sigma_{\text{admisible}} = 1,75 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 2.2.1.2. Tipo de estructura

Las naves industriales son edificios funcionales, diáfanos, orientados a la producción de algún bien de manera que en su interior tiene lugar todo el proceso productivo y a veces hacen de almacén, dando cobijo a los operarios, a las máquinas y al producto aislándoles de las inclemencias externas, facilitando así el proceso de fabricación industrial.

Estas estructuras suelen realizarse de manera que su construcción sea económica y cubra las necesidades básicas, por lo que en su mayoría están formadas por una estructura metálica, recubierta de paramentos de fábrica de ladrillo, hormigón o chapa metálica y la cubierta suele ser también ligera, de chapa de acero o fibrocemento con algún lucernario para dejar pasar la luz del exterior.

La construcción de estas naves se puede realizar de varias maneras pero por lo general, están formadas por unos cimientos sólidos, principalmente zapata de hormigón armado o losa de hormigón armado donde se colocan unas placas que reciben a los pilares, que pueden ser de acero u hormigón armado. Sobre los pilares se colocan unas vigas que forman el dintel, que van de un lado a otro de la nave y sobre las que se monta la cubierta.

Las naves industriales actuales se dividen en dos grupos principales según el material que las forme, acero u hormigón, o la menos usada pero con una gran progresión, la estructura mixta (acero y hormigón).

La elección de uno y otro material dependerá de múltiples factores entre los que destaca, por supuesto, el económico, aunque no es el único, ya que tanto el acero como el hormigón armado o pretensado presentan ventajas e inconvenientes que se deben tener en cuenta.

La estructura metálica en general es muy ligera y más flexible que la de hormigón armado, por lo que se comporta mejor en terrenos que puedan plantear asientos diferenciales. Además, su montaje es muy rápido, con lo que se consiguen menores tiempos de construcción, lo que en ocasiones puede ser de gran importancia. Este punto queda resuelto con las construcciones realizadas con elementos de hormigón prefabricado, que permiten disponer de la agilidad del montaje de la estructura metálica, junto con las ventajas del hormigón.

Las vigas metálicas se pueden reforzar fácilmente, y disponen de cierto valor económico residual cuando finaliza su vida útil.

Una de las desventajas de la estructura metálica frente a la de hormigón armado es su comportamiento ante el fuego. La estructura metálica requiere de grandes protecciones que, en todo caso, no evitara el fallo catastrófico ante un incidente de este tipo. El hormigón, por su parte, permite la subsistencia de la estructura durante un periodo más prolongado, lo que impediría que se produjeran grandes daños estructurales o, en un caso más extremo, permitiría una posible evacuación del edificio antes de su colapso.

### **2.2.1.3. Tipo de pórtico**

Los pilares que se emplean suelen ser perfiles de acero laminado normalizado en alguna de sus variedades (HEB, HEA, UPN, IPE, etc.) o formados por barras soldadas de diferentes perfiles.

En donde se puede ver más variedad de formas es en las vigas que pueden ser desde simples perfiles de acero laminado hasta complicadas estructuras de barras soldadas que conforman lo que se denomina una cercha, pasando por vigas de perfil variable.

De esta manera, los pórticos metálicos empleados en las construcciones industriales se dividen en tres tipos:

- Pórticos de alma llena con perfiles de sección constante.
- Pórticos en celosía.
- Pórticos de alma llena con perfiles de sección variable.

#### PÓRTICOS DE ALMA LLENA DE SECCION CONSTANTE

Su uso es frecuente para luces medianas, ya que es más económico que hacer la sección variable pese a que con esta última solución se utiliza menos material.

#### PÓRTICOS EN CELOSÍA

Estos se emplean en estructuras que cuentan con luces importantes de manera que no sea necesario el uso de vigas de gran tamaño con el consecuente ahorro de dinero y espacio.

#### PÓRTICOS DE ALMA LLENA DE SECCIÓN VARIABLE

Los perfiles de sección variable se emplean para distancias entre pórticos a partir de 8-10 m y se produce un ahorro de material. La desventaja principal estriba en la dificultad de los cálculos frente a los de estructuras formada por perfiles de sección constante en toda su longitud.

#### **2.2.1.4. Tipo de apoyo**

La estructura puede disponer de empotramientos o articulaciones en sus apoyos.

##### APOYO DE EMPOTRAMIENTO

No permite el giro relativo y transmite los momentos flectores lo cual aumentaría el tamaño de las zapatas aunque por otro lado este tipo de apoyo requeriría perfiles más pequeños.

##### APOYO DE ARTICULACIÓN

Permite el giro relativo de los elementos. Las barras que de él salen pueden cambiar su ángulo después de aplicadas las cargas. No transmiten momentos flectores, lo que se traduce en una transmisión menor de la cargas hacia la cimentación, lo que reduciría el tamaño de las zapatas pero aumentaría la sección del perfil en cuestión.

#### **2.2.1.5. Tipo de nudo**

Los nudos de la estructura pueden ser rígidos o articulados.

##### RÍGIDO

La unión rígida produce la flexión conjunta de ambos elementos frente a cargas incrementado la rigidez y reduciendo la deformación.

##### ARTICULADO

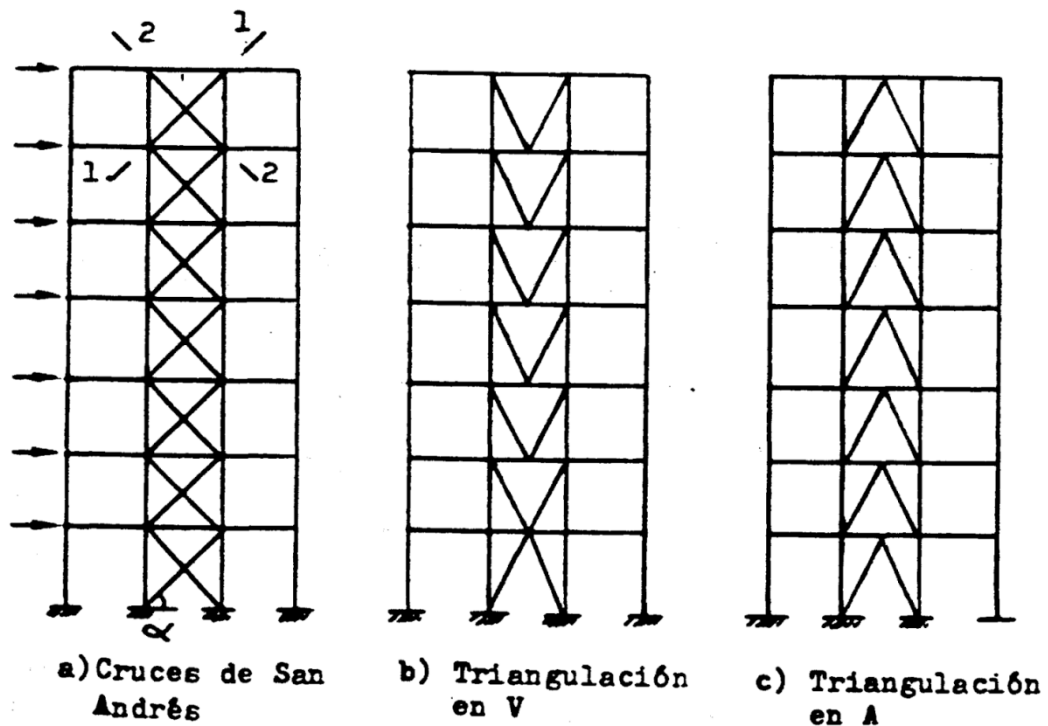
Por otro lado los nudos articulados producen una gran deformación y una baja rigidez global por lo que se producirían longitudes de pandeo y flechas excesivas.

#### **2.2.1.6. Tipos de elementos secundarios**

##### ARRIOSTRAMIENTOS

Los arriostramientos se resuelven mediante tirantes siguiendo dos tipos de esquema diferentes:

- Cruz de san Andrés
- Triangulación en V
- Triangulación en A



*Fig.6. Tipos de arriostramientos.*

Aunque todos ellos cumplen su función es más común el uso de cruces de San Andrés.

### PILARILLOS

Los pilarillos se ubican en los pórticos hastiales y tienen la función de transmitir las solicitaciones del viento a la cimentación y a la viga a contraviento, coincidiendo con los bastidores que sirven de marco a los tirantes de las Cruces de San Andrés.

Los pilarillos se constituyen en principio por perfiles laminados en acero S275, aunque atendiendo a necesidades de cálculo puede variar el material.

En cuanto al tipo de unión de estos con el resto de los elementos, como ya se ha explicado en apartados anteriores tendrá ventajas y desventajas en función del tipo de vinculación.



### **2.2.1.7. Tipos de uniones**

Las uniones aseguran el correcto ensamblaje de piezas para conferirles la rigidez y continuidad necesarias. Para la unión entre piezas metálicas de la estructura solamente se puede elegir entre dos opciones disponibles: realizar las uniones mediante elementos atornillados o realizar soldaduras para unir las piezas. Para las uniones realizadas en taller se prefiere la soldadura, ya que es el medio más rápido. Para las uniones realizadas en obra se emplean ambas.

#### **UNIÓN ATORNILLADA**

Estas uniones presentan las siguientes ventajas:

- Son uniones desmontables sin necesidad de destruir la unión
- El sistema es estándar e intercambiable
- Facilidad de montaje y desmontaje
- Permite la unión de piezas de diferentes materiales
- Si están bien diseñadas resisten bien las cargas de tracción, cortante, flexión, y torsión

Como contrapunto se generan concentraciones de tensiones en los elementos y la tornillería puede aflojarse debido a las vibraciones y al paso del tiempo, además de presentar corrosión.

#### **UNIÓN SOLDADA**

Emplear soldaduras requiere de precauciones a la hora de su ejecución en obra; llevarlas a cabo exige personal cualificado, los encargados de realizar estos trabajos deben llevar protección y deben cuidarse las soldaduras a la intemperie sobre todo en tiempos inclementes; toda su ejecución requiere de control de calidad. Además aparecen tensiones residuales que dañan a unión. Aún así, la unión entre piezas por soldadura presenta las siguientes ventajas:

- El tiempo de preparación es menor que en el caso de las uniones atornilladas.
- Las uniones prácticamente no se deforman y son estancas.
- Las uniones son más sencillas y tienen mejor apariencia.

### **2.2.1.8. Tipos de cerramiento de cubierta**

Puede realizarse con multitud de materiales como fibrocemento, chapa de acero precalado o galvanizado, panel sándwich prefabricado o "in situ"... que se fijan al entramado de las correas con tornillos galvanizados. Los distintos cambios en los planos de la estructura se resuelven mediante el curvado de las chapas o mediante caballetes especiales, según sea el material elegido.

#### **PANEL SANDWICH**

Existe una alta gama de paneles sándwich con espesores y chapas exterior e interior de materiales diversos cubriendo así las diferentes necesidades. Además son de poco espesor y por lo general ligeros.



***Fig.7. Panel sandwich***

#### **CHAPA SIMPLE PERFILADA**

Son de fácil colocación, económicas y muy ligeras. Aunque su gran desventaja es el nulo aislamiento térmico ya que no cuentan con aislamiento interior y tiene una baja resistencia al fuego.



**Fig.8.** *Capa perfilada*

### PLACAS DE FIBROCEMENTO

Entre sus principales ventajas destacan su resistencia y durabilidad frente a agentes externos, además de su impermeabilidad debido al montaje solapado de las placas. La principal desventaja es su bajo aislamiento térmico al no contar con aislamiento interno.



**Fig.9.** *Placa de fibrocemento*

#### **2.2.1.9. Tipos de cerramiento de fachada**

Existe al igual que en los cerramientos de cubierta, una gran cantidad de opciones de cerramientos de fachada.

Se analizarán los más comunes.

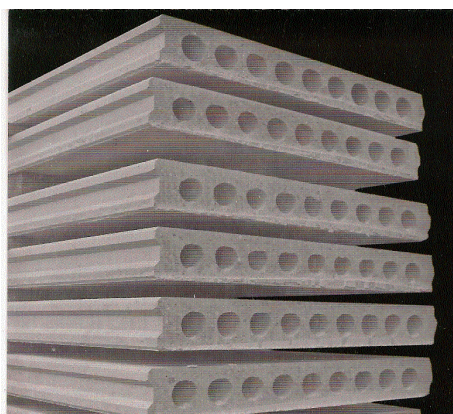
### PANELES DE HORMIGÓN PREFABRICADO

Destacan por su alta resistencia al fuego, facilidad de montaje ya que son paneles previamente prefabricados en taller y rápido ensamblaje.



**Fig.10.** Panel de hormigón prefabricado

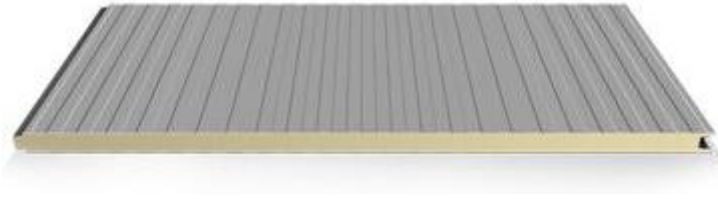
La principal desventaja radica en su elevado peso propio para lo cual se utilizan placas alveolares.



**Fig.11.** Placa alveolar

### PANEL SANDWICH

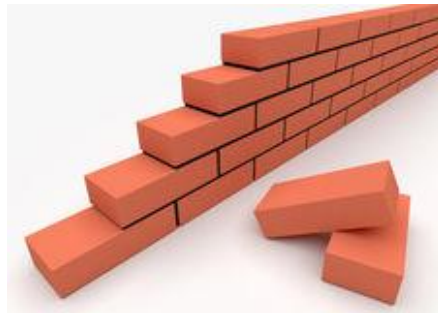
Al igual que en los cerramientos de cubierta existe una alta gama de paneles sándwich con espesores y chapas variables quedando cubiertas las diferentes necesidades de la construcción.



**Fig.12.** Panel sándwich

## LADRILLOS

Este tipo de cerramiento requiere mayor tiempo par su construcción ya que no se trata de elementos prefabricados. Presentan un buen aislamiento frente a factores externos.



**Fig.13.** Cerramiento de ladrillos

### **2.2.1.10. Tipo de correas**

Son los perfiles que forman el entramado sobre el que se fija la cubierta. El tipo de perfil varía en función de las necesidades de la obra. Aunque los más comunes son de tipo C, Z o IPE.

Su fijación al esto de la estructura se realiza mediante tornillos calibrados.

## **2.2.2. SOLUCIONES ADOPTADAS**

### **2.2.2.1. Materiales escogidos**

La estructura metálica de la nave se ha previsto que sea de acero del tipo **S-275** con un límite elástico de 275 N/mm<sup>2</sup>.

Por otra parte, el acero a emplear para la ejecución del hormigón armado será acero corrugado **B-400S**, con un límite elástico característico de  $f_{yk} = 400$  MPa.

Por último, el hormigón armado utilizado en la cimentación será del tipo HA-25/P/12 IIa, por lo que tendrá una resistencia característica a compresión de  $f_{ck} = 25$  MPa.

#### **2.2.2.2. Tipo de estructura**

En nuestro caso hemos optado por la estructura metálica, condicionado principalmente por el factor económico.

#### **2.2.2.3. Tipo de pórtico**

El pórtico seleccionado es el de alma llena con sección constante sin celosía. En los pórticos centrales de la nave de mayor luz se dispone de perfiles con cartelas para las vigas.

#### **2.2.2.4. Tipo de apoyo**

Todos los apoyos tanto de los pilares como de los pilarillos son empotrados.

#### **2.2.2.5. Tipo de nudo**

El tipo de nudo varía en función del tipo de elementos. Hay que tener en cuenta que los pórticos son rígidos, por lo tanto todos sus nudos son rígidos también. Por otro lado, tanto las vigas de atado como el entramado hastial cuentan con articulaciones en sus extremos. Las cabezas de los pilarillos también disponen de un nudo articulado a los dinteles.

#### **2.2.2.6. Tipo de entramados**

Se opta por el esquema en forma de cruz de San Andrés tanto en la cubierta como en los entramados laterales de la estructura, con el fin de aumentar la rigidez longitudinal y estabilidad de la estructura.

#### **2.2.2.7. Tipo de uniones**

Todas las uniones realizadas en taller se resuelven mediante soldadura mientras que las realizadas a pie de obra mediante tornillería.

Se disponen rigidizadores y cartelas que refuercen las uniones y las doten de mayor rigidez, asegurando empotramientos perfectos entre los diferentes elementos estructurales. Las cartelas se han dispuesto en las vigas de los pórticos centrales de la nave de mayor luz, ya que es la que mayores solicitaciones y esfuerzos sufre.

### 2.2.2.8. Tipo de cerramiento de cubierta

Se trata de una cubierta a dos aguas con una pendiente del 10%, capaz de conseguir el correcto deslizamiento del agua hacia los canalones y bajantes para su evacuación.

Para el cerramiento de la cubierta, la opción seleccionada es un panel sándwich del GRUPO PANEL SANDWICH, capaz de soportar las cargas actuantes en las situaciones más desfavorables. Observando el catálogo de los productos, lo óptimo será un **Panel Sándwich tapajuntas para Cubierta de 3 grecas con un espesor de 40mm**, que para una distancia entre correas de 2m soporta una carga máxima de 347 kg/m<sup>2</sup>, como se puede apreciar en los resultados obtenidos de los cálculos.

ESQUEMA ESTÁ ICO – CUATRO APOYOS – Distancia entre apoyos en cm.													
Espesor del panel (mm)	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	409	354	313	277	252	209	177	147	128	110	96	–	–
40	–	390	347	310	278	251	225	195	169	146	127	95	–
50	–	–	384	346	311	289	263	241	211	180	161	124	98
60	–	–	–	383	347	319	295	274	251	224	198	151	131
80	–	–	–	–	423	386	358	330	313	289	272	213	157

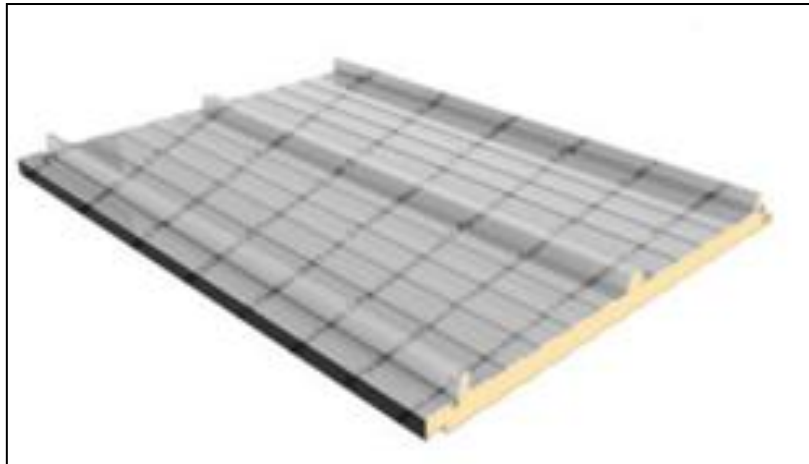
**Fig.14.** Tabla de valores de carga a presión y succión.

CARACTERÍSTICAS DEL PANEL (Chapas de acero interior y exterior de 0,50mm/0,40mm de espesor nominal)								
Espesor del panel (mm):		30	40	50	60	80	100	120
Peso del panel (kg/m <sup>2</sup> ):		9.30	9.70	10.10	10.50	11.30	12.10	12.80
Transmitancia térmica (U)	Kcal/m <sup>2</sup> h°C	0.56	0.43	0.35	0.29	0.22	0.18	0.15
	Watt/m <sup>2</sup> °C	0.65	0.50	0.41	0.34	0.26	0.21	0.17

**Fig.15.** Tabla de características técnicas del cerramiento de cubierta.

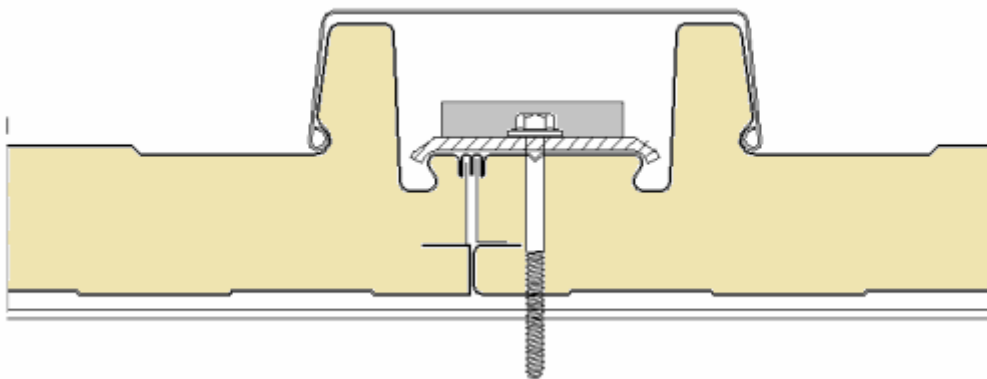
El Panel Sandwich de Tapajuntas está formado por dos chapas de acero con tres grecas conformadas y un perfilado en la zona baja, confiriéndole una resistencia mecánica para ser autoportante y seguro con correas o puntos de apoyo a 1,75 ó 2 metros, incluso a más distancia. Además el panel tiene

en su interior poliuretano inyectado con una densidad de 40Kg/m<sup>3</sup> y un espesor de 30mm como mínimo, proporcionando el aislamiento térmico y acústico que es característico de estos paneles.



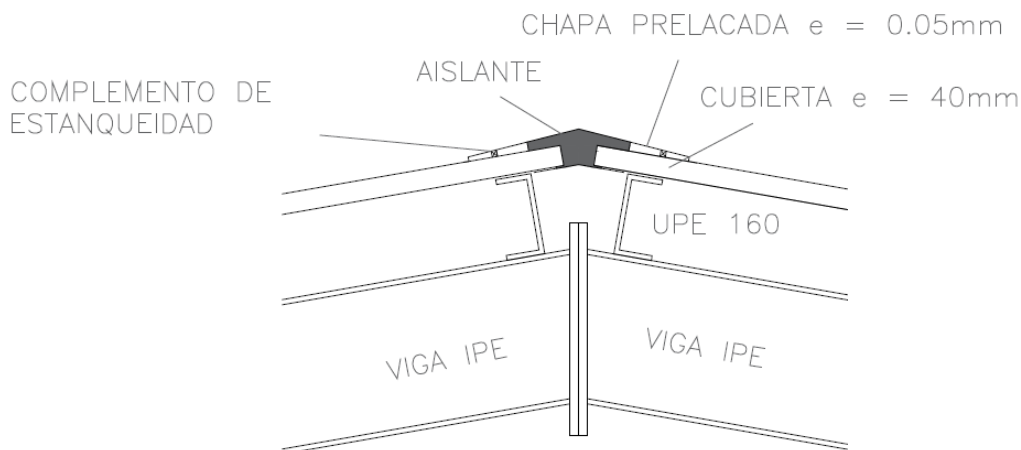
**Fig.16.** Panel sándwich de cubierta.

La utilización de un panel aislante, y autoportante, no es suficiente para garantizar la absoluta impermeabilización de la cubierta, sin la utilización del específico sistema de tapajuntas. Su colocación es de fundamental importancia ya que garantiza la estanqueidad del sistema a la vez que oculta las fijaciones. Permite además no tener en cuenta la dirección de los vientos dominantes a la hora del montaje.



**Fig.17.** Unión de los paneles del cerramiento de cubierta.

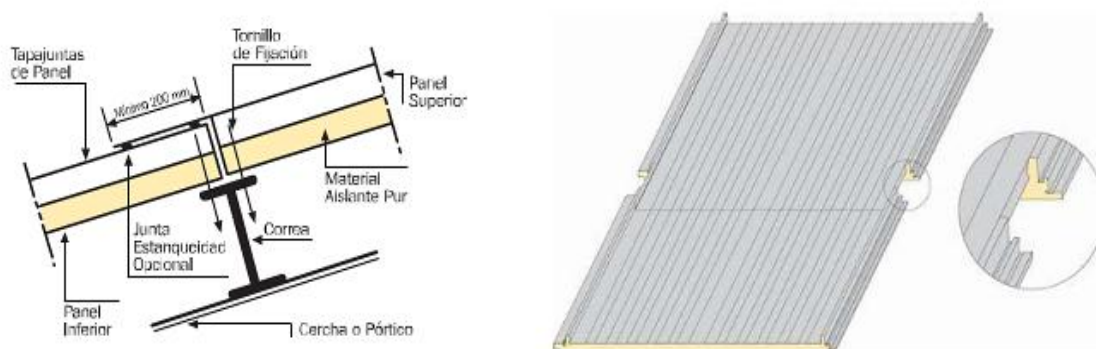




**Fig.18.** Disposición final de cubierta con los elementos estructurales.

Se compone de una plaqueta de acero de adecuadas dimensiones y espesor 0,2 mm, que garantiza la inmovilización y el anclaje de los paneles con respecto a la correa, a la vez que un tornillo de alta calidad fija el conjunto de paneles machihembrados a la estructura de la cubierta. Todo ello se cubre con un perfil de acero (tapajuntas).

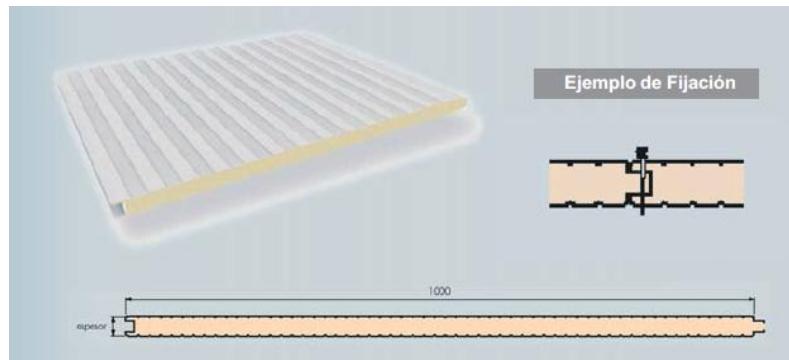
Dado que el tamaño máximo del panel resulta insuficiente, los paneles tienen un sistema de solape de 200 mm de largo. De esta manera se consigue un contacto total entre las chapas inferiores y el aislamiento, garantizando la impermeabilización de la cubierta hasta en caso de fuertes vientos.



**Fig.19.** Vista en perfil de correa y panel.

### 2.2.2.9. Tipo de cerramiento de fachada

Para la selección del cerramiento se recurre al catálogo de la empresa SIDER PANEL donde se seleccionará un **Panel tipo Sándwich de 40 mm de espesor**. El panel está formado por dos chapas paralelas rellenas de poliuretano. Para los cerramientos laterales se han seguido las mismas pautas que para la cubierta, y sus características principales se observan en la gráfica siguiente.

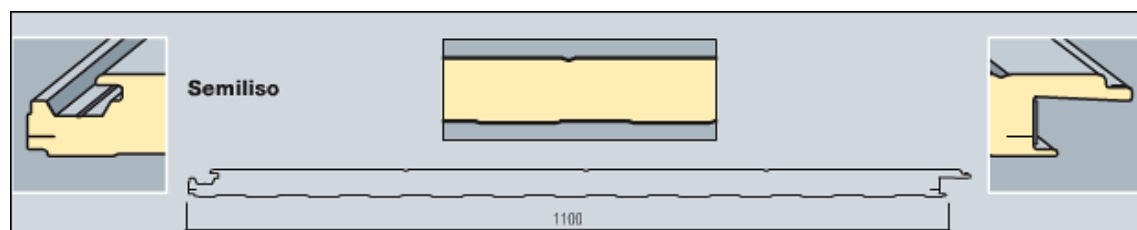


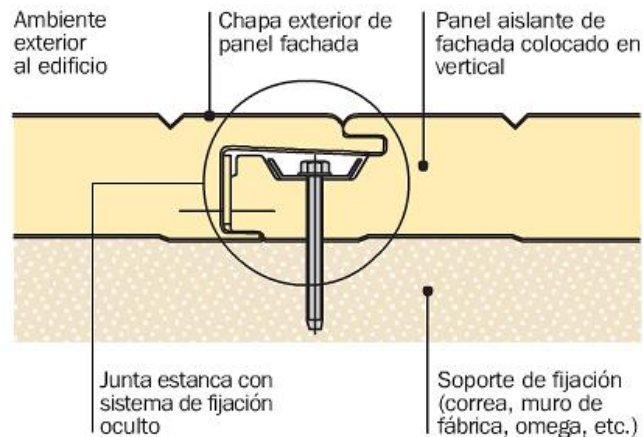
**Fig.20.** Panel de fachada.

Espesor del panel (mm)	Transmitancia Térmica (U) W/m <sup>2</sup> K	Peso del panel Acero/Acero (Kg/m <sup>2</sup> ) Espesor nominal chapa 0,5 mm.
30	0,658	8,75
40	0,500	9,15
50	0,409	9,55
60	0,344	9,95
80	0,261	10,75
100	0,210	11,55
120	0,176	12,35

**Fig.21.** Características técnicas del cerramiento lateral.

Este panel no necesita la utilización de tapajuntas como se puede comprobar en la ilustración.



**Detalle en planta**

**Fig.22.** Unión de los paneles del cerramiento lateral.

### 2.2.2.10. Tipo de correas

Las correas son vigas formadas por perfiles conformados en frío que soportan directamente su propio peso, el del cerramiento de la cubierta y las cargas (nieve, viento, etc). Todas ellas se transmiten a los pórticos y posteriormente a las cimentaciones.

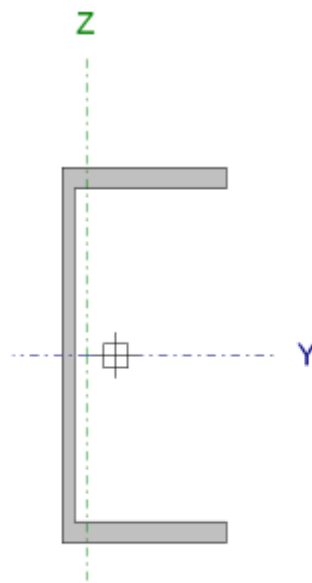
#### 2.2.2.10.1. Correas de cubierta

Su función principal es el soporte de la cubierta, evitando que ésta se desplome o alcance flechas críticas. En estos caso, se busca principalmente la ligereza del conjunto, por lo que las correas elegidas serán aquellas que proporcionen el menor peso posible sin dejar de lado la resistencia a las cargas permanentes como son el peso propio de la cubierta, las variables (viento, nieve, sobrecarga de uso...) y todas las combinaciones posibles de estas. Es por esto que se suelen usar perfiles conformados debido a su bajo peso, aceptable resistencia y gran aprovechamiento de material.

El perfil de la correa escogida, es un perfil conformado en frío de tipo **UPE 160**. La separación entre las correas es de 1,85 m para la estabulación y de 1,4m para el almacén, siendo un total de 18 correas entre las dos cubiertas. La tipología de las correas será la de una viga continua multiapoyada en 9 vanos separados 5 m entre sí, y por tanto, con una longitud total de 45 m.

Dado que la inercia de la correa sobre el eje X-X (paralelo al plano de la cubierta) es grande, y sin embargo, sobre el eje Y-Y (perpendicular al plano de la cubierta) es mucho menor, resultan propicias para este caso. El principal inconveniente de este tipo de correa es que podría flectar en el plano X-X. Para evitarlo, se dispondrían de tirantillas, pero en este caso los cálculos demuestran que no son necesarios estos elementos puesto que la flecha máxima es menor que la admisible.

La tabla de características correspondientes a las correas seleccionadas para el cerramiento de la cubierta se puede observar en los cálculos correspondientes a dicho apartado. Según la norma Gama UNE, estas correas presentan esta forma:



**Fig.23.** Correas de cubierta, tipo UPE.

#### 2.2.2.10.2. Correas laterales

Para los cerramientos laterales de la nave se ha seleccionado un perfil conformado en frío de tipo **UPE 100**, con una separación entre ellas de 1,35 m y una distribución de 3 correas por fachada. En este caso tampoco es necesaria la incorporación de tirantillas.

Las correas laterales también se comportan como vigas continuas multiapoyadas en 9 vanos separadas 5 m entre sí. Para conseguir que la unión entre correas sea rígida y se pueda considerar como una viga continua, las uniones se realizarán mediante conectores al igual que las correas de la cubierta.

De forma análoga, la tabla de características correspondientes estas correas se pueden observar en los cálculos.

### **2.2.3. DESCRIPCIÓN COMPLETA DE LA CONSTRUCCIÓN**

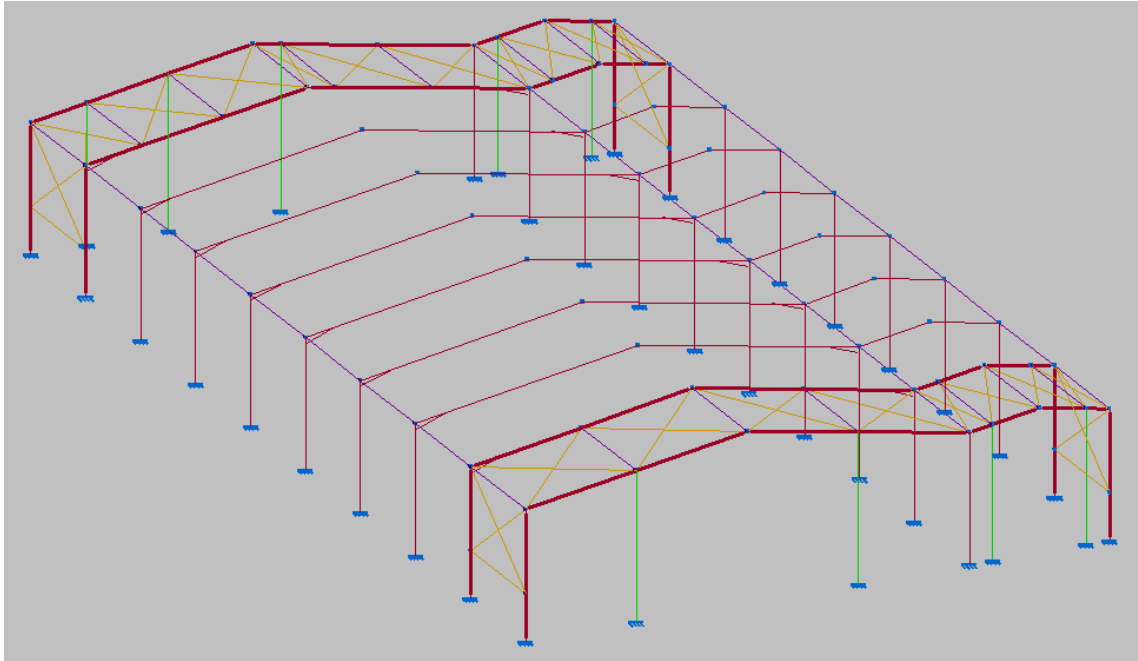
Teniendo en cuenta las soluciones detalladas anteriormente, a continuación se detallan cada una de las partes de que constituyen la estructura en función de los resultados obtenidos en el módulo CYPE 3D, de manera que quede totalmente descrita la estructura.

#### **2.2.3.1. Estructura metálica principal**

Las estructuras son elementos constructivos cuya misión fundamental es la de soportar un conjunto de cargas, peso propio de los cerramientos y los elementos estructurales, sobrecargas de uso, nieve y viento.

La estructura metálica presenta unas características muy adecuadas para este tipo de proyectos. Permite realizar una ejecución rápida, habilitando luces mayores además de ser una solución bastante económica. También presenta gran flexibilidad con vistas a posteriores ampliaciones y modificaciones.

Por otra parte, la mayor desventaja es su fragilidad al fuego. Aunque dada la actividad que se va a realizar, la posibilidad de que aparezca fuego es casi inexistente, únicamente se contempla dicho suceso en la zona del almacén, por lo que esa zona estará debidamente protegida.



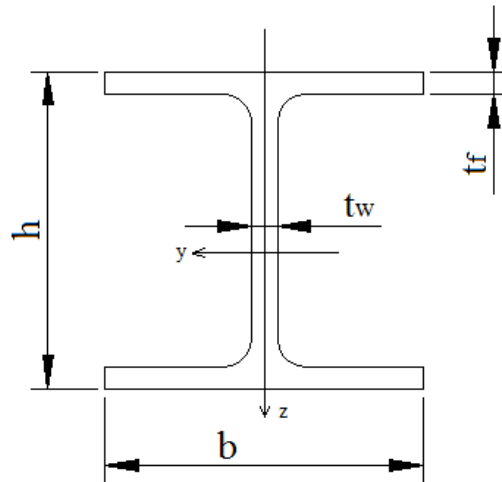
**Fig.24.** Vista en perspectiva del esqueleto de la nave.

Se trata de una nave industrial de estructura metálica compuesta por dos naves contiguas con cubierta a dos aguas y nudos rígidos en todas sus uniones para evitar, en la mayor manera de lo posible, las deformaciones excesivas.

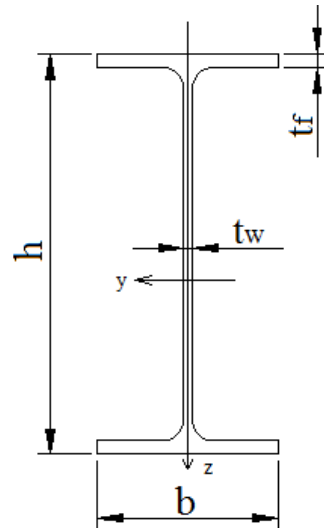
La estructura constará de 10 pórticos y 9 vanos, formados por vigas alma llena separados entre sí por una distancia de 5 metros, sumando así los 45 metros de longitud que posee la nave. La cubierta presentará una pendiente del 10%, siendo la altura del alero de 5 metros y la de la cumbre de 6,67 metros para la nave de estabulación y 5,53 metros para el almacén. Así mismo, tanto vigas como pilares serán de sección constante. La luz de los pórticos será de 19 metros para la estabulación y de 6 metros para el almacén. En los pórticos hastiales se dispone de pilarillos, 4 de ellos en la fachada frontal y 5 en la trasera.

Todos los pilares serán perfiles HEB, mientras que las vigas, por su parte, serán perfiles IPE. Esto se debe a que las columnas tendrán que soportar mayores cargas que las vigas y los perfiles HEB soportan mayor carga que las IPE. Se podría haber optado por colocar únicamente perfiles HEB, pero puesto que se busca la estructura más económica, se ha optado por esta clasificación de perfiles.

Perfil HEB correspondiente a los pilares de los pórticos:



Perfil IPE correspondiente a los dinteles de los pórticos:

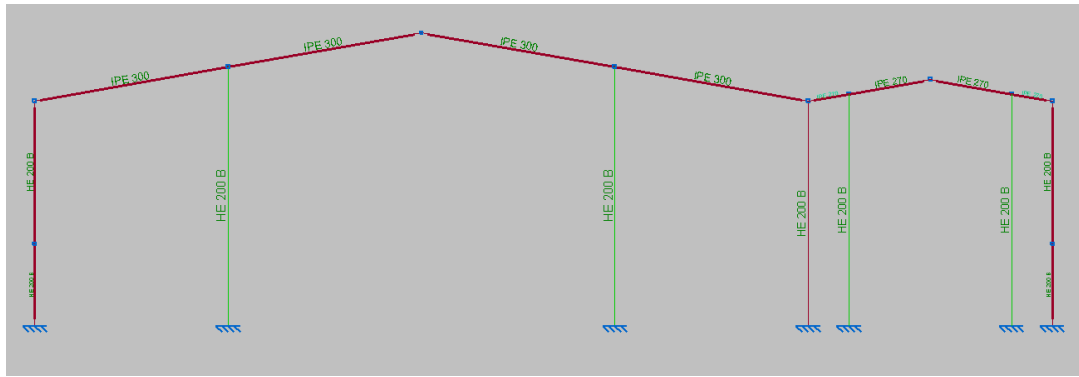


El tamaño de los perfiles varía en función de las solicitaciones soportadas por cada elemento, con el fin de no sobredimensionar la estructura. A continuación se muestran los diferentes resultados obtenidos para los perfiles de los pórticos.

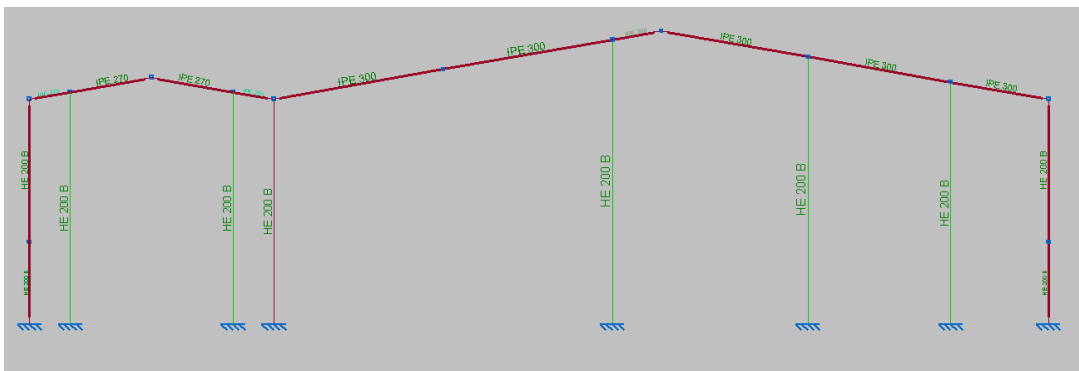
#### 2.2.3.1.1. Pórticos hastiales

Los pórticos hastiales son los pórticos de cierre frontales de la estructura y están provistos de los correspondientes pilarillos.

Tanto para el pórtico frontal como para el trasero, se han dispuesto vigas IPE 300 para la nave de estabulación y vigas IPE 270 para el almacén. Además, todos los pilares y pilarillos son de perfil HE 200 B.



**Fig.25.** Vista en alzado del pórtico hastial frontal.



**Fig.26.** Vista en alzado del pórtico hastial trasero.

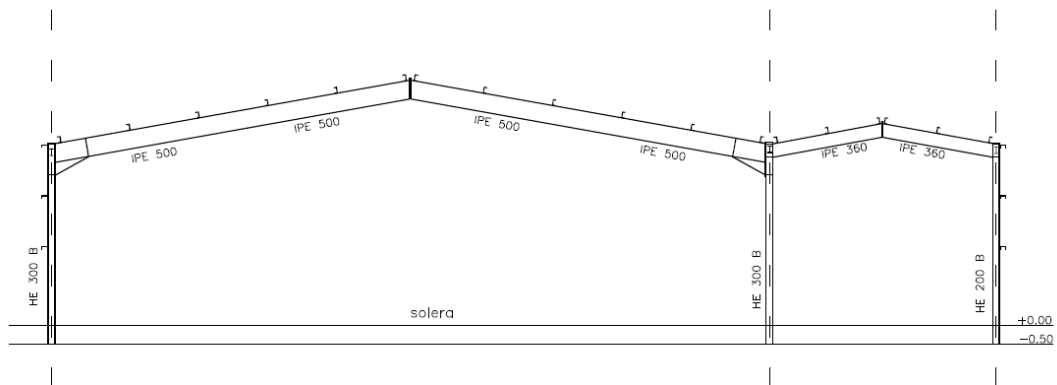
#### 2.2.3.1.2. Pórticos centrales

Los pórticos centrales o transversales, resisten las cargas transmitidas por las correas y las cargas de viento perpendiculares al eje longitudinal de la nave, recogidas por los pilares. Con el objetivo de fortalecer la unión dintel-pilar se han dispuesto perfiles con cartelas en los dinteles de dichos pórticos. Las cargas actuantes son mayores en los pórticos contiguos a los pórticos laterales, por lo que ambos requieren de unos perfiles de mayores dimensiones que el resto. Para hacer frente a dichas cargas, se opta por perfiles IPE 500 para los dinteles de la estabulación, y perfiles IPE 360 para los dinteles del almacén.

En cuanto a los pilares, el perfil requerido es un HE 300 B para los pilares exteriores de la estabulación, un perfil HE 280 B para los pilares centrales y un HE 200 B para los pilares exteriores del almacén. Las características de los perfiles están presentes en los cálculos.

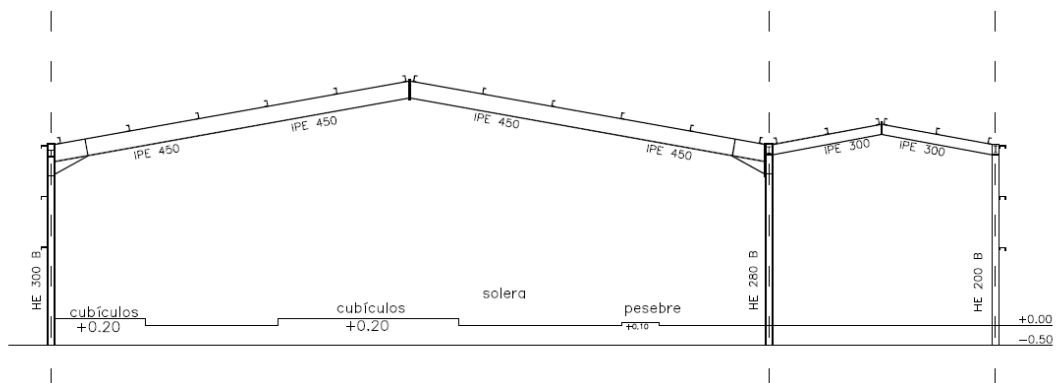


PÓRTICO CENTRAL (PÓRTICOS 2 Y 9)

**Fig.27.** Vista en alzado del segundo y noveno pÓrtico.

Al sufrir menores solicitaciones, el resto de pÓrticos centrales se han dimensionado con perfiles IPE450 para la estabulación y perfiles IPE 300 para el almacén. Siendo los pilares exteriores de la estabulación HE 300 B y los pilares centrales y extremos del almacén HE 200 B.

PÓRTICO CENTRAL (PÓRTICOS 3-8)

**Fig.28.** Vista en alzado de pÓrticos centrales.

### 2.2.3.2. Arriostramientos

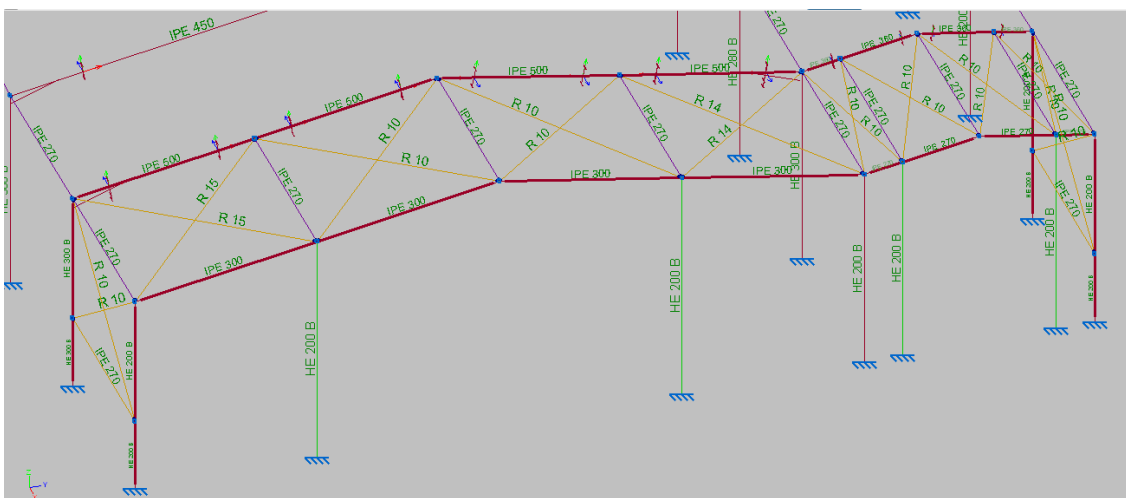
La viga contraviento acompañada de los entramados laterales forma un sistema estable para resistir las cargas longitudinales e impedir los desplazamientos de la nave en dicho sentido, inmovilizando además, en las secciones arriostradas las cabezas de las vigas o los cordones superiores de las celosías de los pÓrticos. Esto sucede debido a que los pilares de los pÓrticos tienen una gran resistencia a las fuerzas que actúan en el plano del

pórtico pero no a las que actúan perpendicularmente a él (caso del viento frontal).

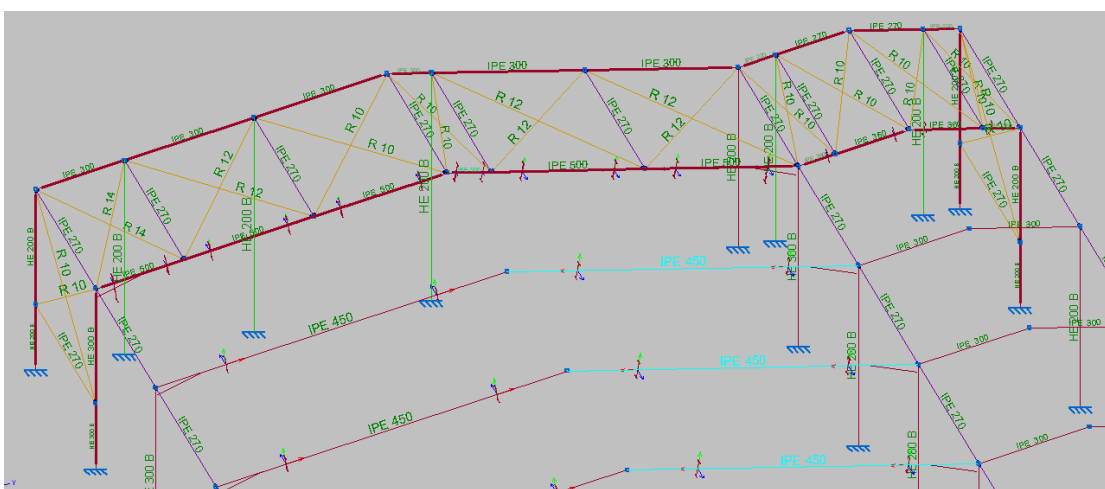
Se disponen en los pórticos hastiales y a veces en los centrales. En este caso, la nave a estudio contará con arriostramientos entre los pórticos hastiales y los contiguos a estos.

Se ha optado por una triangulación en forma de cruz de San Andrés tanto en la cubierta como en las fachadas empleando perfiles redondos macizos especialmente diseñados para tirantes.

Tal y como se muestra en la figura los tamaños de los perfiles varían entre los R10, R12, R14 y R15.



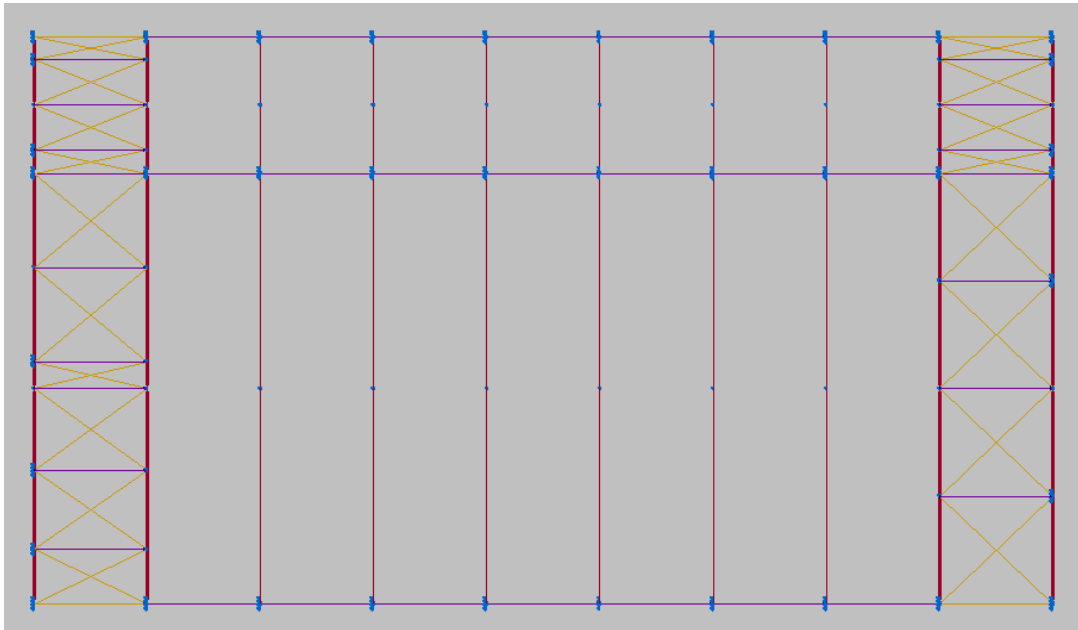
**Fig.29.** Vista en perspectiva de la disposición de los arriostramientos pórtico frontal.



**Fig.30.** Vista en perspectiva de la disposición de los arriostramientos pórtico trasero.

### 2.2.3.2.1. Vigas Contraviento

Para cada dirección longitudinal trabajarán solamente las diagonales traccionadas. Esto se debe a que los perfiles de los entramados sólo trabajan a tracción y no son capaces de soportar esfuerzos de compresión.

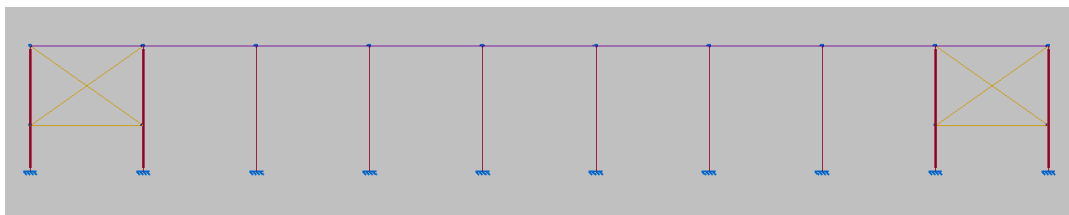


**Fig.31.** Vista en planta de las vigas contraviento simplificadas.

### 2.2.3.2.2. Entramados laterales

Reciben las acciones debidas al viento de dirección longitudinal. Estas acciones horizontales se concentran en los pilares, que las transmiten a las vigas contraviento y, también, directamente a la cimentación. Se consigue dar rigidez y estabilidad longitudinalmente a la nave.

Al igual que la viga contraviento trabajarán solamente las diagonales traccionadas.



**Fig.32.** Vista del entramado lateral simplificado.

Se va a disponer de cuatro cruces de San Andrés, colocadas cada una de ellas en los laterales del pórtico hastial, siendo perfiles redondos macizos de 10mm de diámetro.

Los entramados laterales se disponen únicamente a partir de una altura de 2m, ya que por debajo de la misma se ubica el muro perimetral que forma parte del cerramiento de la nave.

### **2.2.3.3. Vigas de atado de pórticos**

Las vigas de atado son aquellos elementos estructurales que unen transversalmente las cabezas de los pórticos entre sí. Estas vigas rigidizarán dichos pórticos haciéndolos intraslacionales.

Se dispondrán un total de 27 vigas de atado, 9 en cada fila de pilares de la nave, siendo de perfiles IPE 270 todas ellas.

### **2.2.3.4. Pilarillos**

La función principal de los pilarillos es soportar las cargas debidas al peso propio del cerramiento y de las correas de las fachadas frontal y trasera. Además disminuye considerablemente la longitud de pandeo de dichas correas en el sentido perpendicular a la fachada.

La pared del entramado frontal está formada, por un grupo de pilarillos intermedios, que son los que soportan directamente las fuerzas de viento que recibe el cerramiento y las transmiten a la viga contraviento y cimentación. Se dispondrán 4 pilarillos en la fachada frontal y 5 en la fachada trasera, siendo todos ellos perfiles **HEB-200**. Su posición será tal que el eje de mayor inercia será paralelo al plano del pórtico.

Los pilarillos se han dispuesto de manera que no interfieran en el acceso a los pasillos de alimentación y además, permitan la colocación del cerramiento frontal y trasero, sirviendo de apoyo para los mismos.

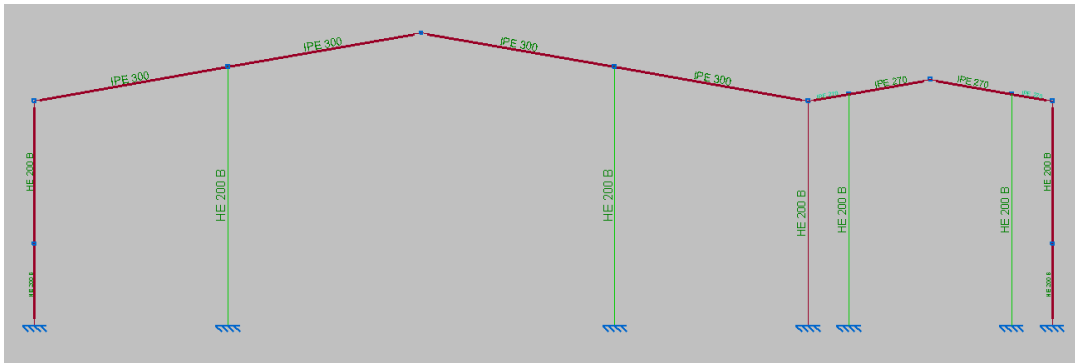


Fig.33. Frontal

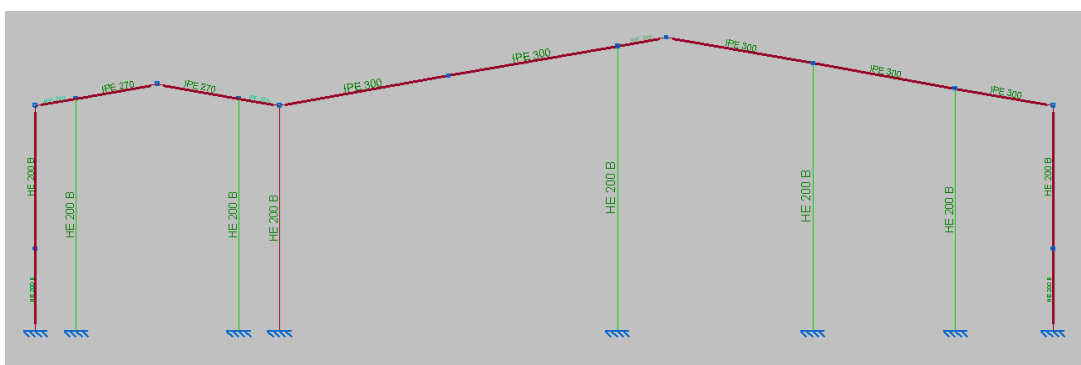


Fig.34. Trasera

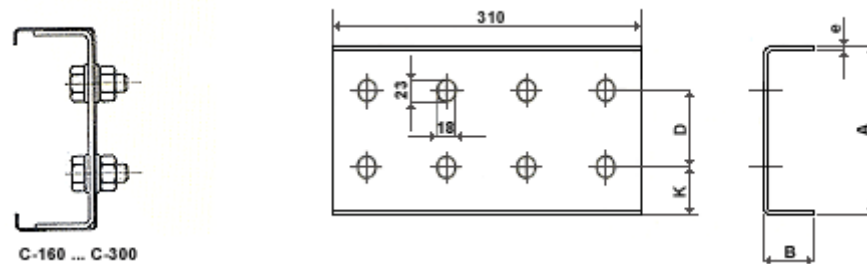
### 2.2.3.5. Uniones

#### 2.2.3.5.1. Unión entre correas

Para realizar la unión entre correas se emplearán unos accesorios denominados **conectores**. Estos permiten el solape de las correas mediante unos tornillos que únicamente cumplen funciones de unión. En este caso los conectores a emplear se han seleccionado del catálogo que proporciona la empresa Aceralia y se identifican mediante las siguientes referencias:

Para las correas de la cubierta: **UPE 160:**      **Conector: R – 7633**

Para las correas de la fachada: **UPE 100:**      **Conector: R – 7634**

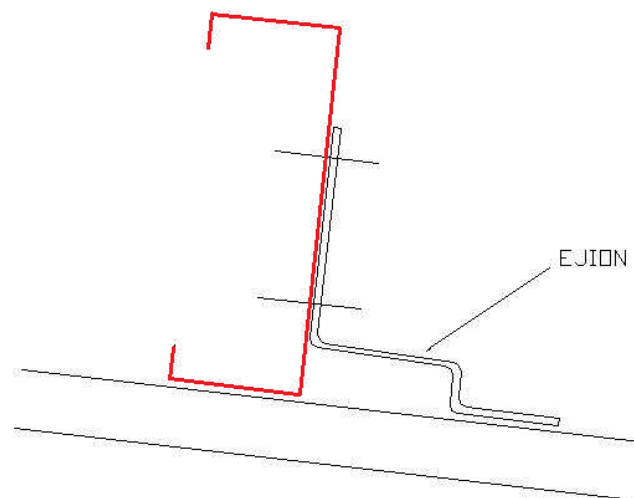


**Fig.35.** Conectores de correas.

#### 2.2.3.5.2. Unión correa-viga

Para unir las correas con las vigas se emplean unos accesorios denominados **ejiones**, elementos cuya finalidad es sujetar la correa a la estructura que soportará la cubierta. En este caso los ejiones a emplear se han seleccionado del catálogo que proporciona la empresa Aceralia.

Para correas **UPE 160**, los ejiones a emplear según el suministrador se identifica mediante la referencia **R-7640**.



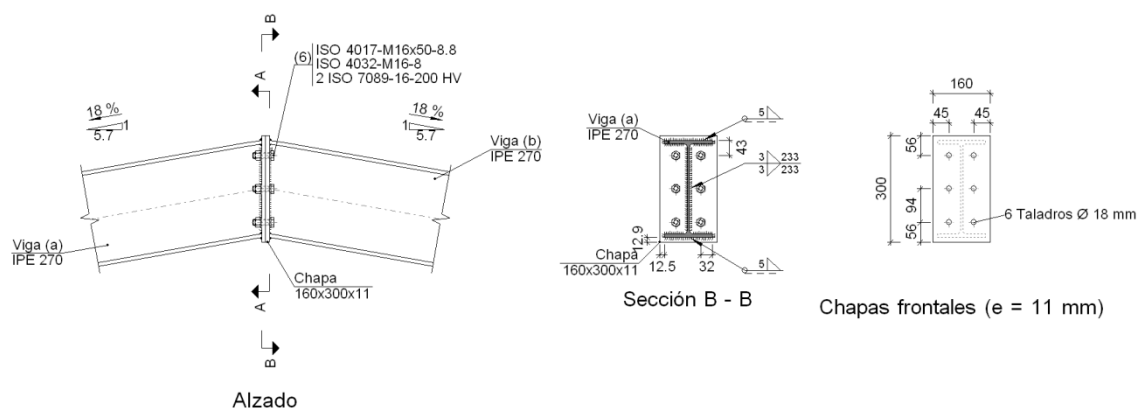
**Fig.36.** Disposición de la unión correa – ejión.

#### 2.2.3.5.3. Unión correa-pilar

Para unir las correas con los pilares también se emplean los accesorios denominados como ejiones; para este caso los ejiones a emplear, seleccionados del catálogo de Aceralia, tendrán la referencia **R-7640**.

### 2.2.3.5.4. Unión viga-viga

Para realizar la unión viga-viga, se utilizarán unas placas de acero denominadas **placas de testa (o placas testeras)**. Estas irán soldadas a las respectivas vigas y se unirán entre sí mediante elementos de tornillería. Al disponerse de vigas de diferentes dimensiones a lo largo de la nave, se emplean placas y elementos de unión de diferentes geometrías. A continuación, se muestra una de las uniones realizadas en el proyecto:



**Fig.37.** Vista de perfil de la unión viga – viga.

Los elementos que forman la unión presentan los siguientes parámetros:

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	160x300x11	8.29
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	6	ISO 4017-M16x50
Tuercas	Clase 8	6	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-16

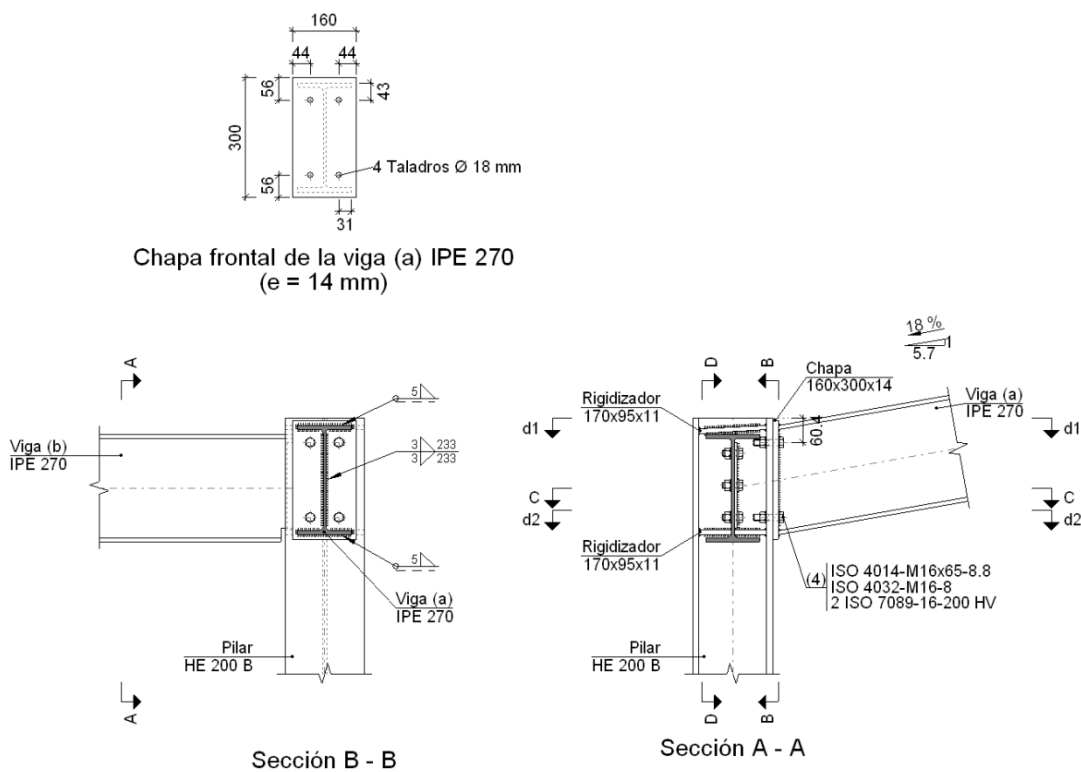
Se han dispuesto los tornillos de forma simétrica, siendo suficientes 6 tornillos de M16 para cumplir con los requerimientos de la normativa para

este tipo de uniones. Por facilidades de montaje los 6 tornillos seleccionados serán iguales.

Para la soldadura, se ha demostrado que para los diferentes tipos de cordones las tensiones cumplen los dos requisitos establecidos por la norma.

### 2.2.3.5.5. Unión viga-pilar

Para realizar la unión viga-pilar también se utilizarán unas placas de acero que irán soldadas a la viga y se atornillarán al ala del pilar. A continuación, se muestra una de las uniones de esta tipología realizadas en el proyecto:



**Fig.38.** Vista de perfil de la unión viga – pilar.

Los elementos que forman la unión presentan los siguientes parámetros:



Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	170x95x11	2.79
		2	170x95x11	2.79
	Chapas	1	90x215x8	1.22
		1	160x300x14	5.28
	Total			

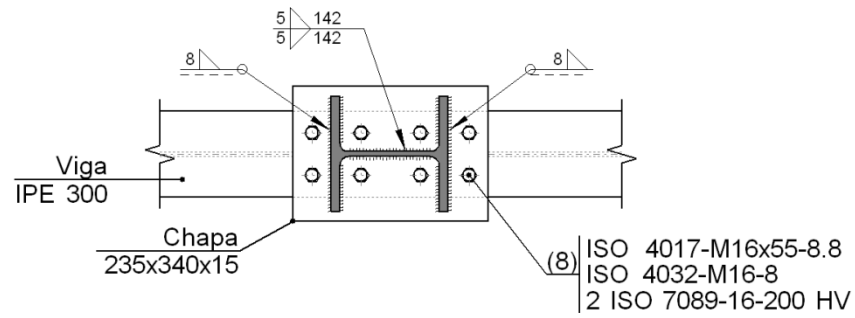
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M16x65
		3	ISO 4017-M16x40
Tuercas	Clase 8	7	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	14	ISO 7089-16

Se han dispuesto los tornillos de forma simétrica, siendo suficientes 4 tornillos de M16 en la unión viga – pilar, para cumplir con los requerimientos de la normativa para este tipo de uniones. Por facilidades de montaje los 4 tornillos seleccionados serán iguales.

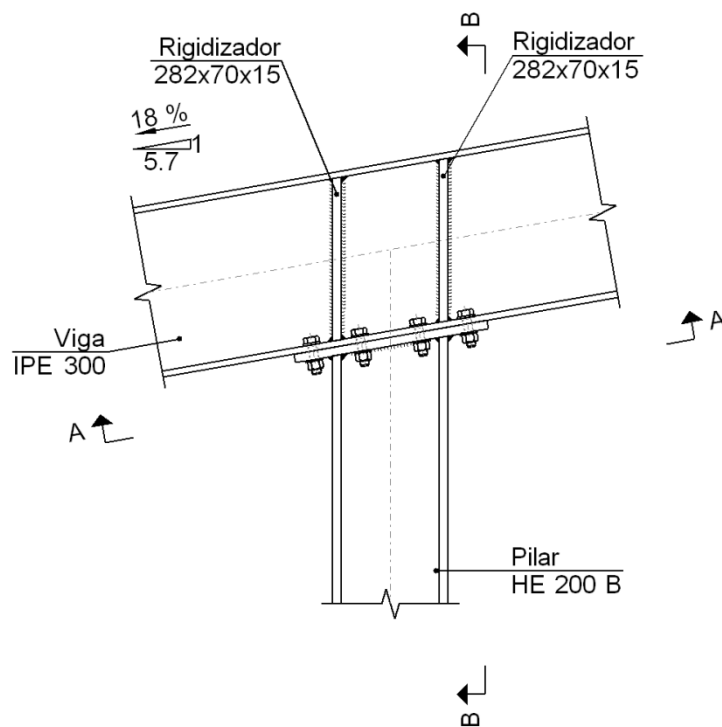
Para la soldadura, se ha demostrado que para los diferentes tipos de cordones las tensiones cumplen los dos requisitos establecidos por la norma.

#### 2.2.3.5.6. Unión viga-pilarillo

En el caso de la unión viga – pilarillo, se resuelve mediante una placa de acero atornillada al ala inferior de la viga y soldada a la cabeza del pilarillo. A continuación, se muestra una de las uniones de esta tipología realizadas en el proyecto:



Sección A - A



Alzado

**Fig.39.** Vista de alzado de la unión viga – pilarillo.

Los elementos que forman la unión presentan los siguientes parámetros:

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	282x70x15	9.33
	Chapas	1	235x340x15	9.41
	Total			18.73

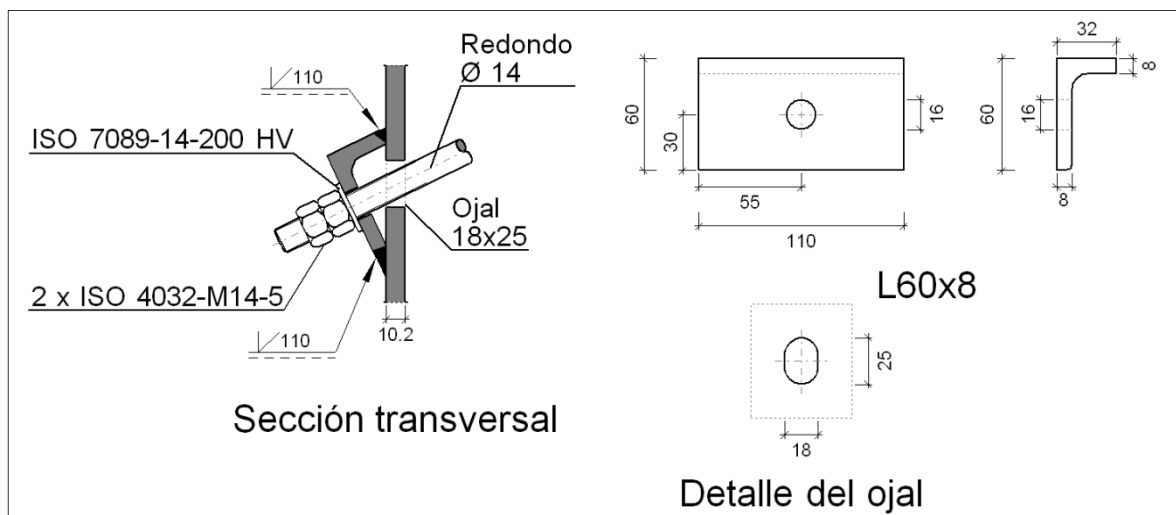
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	8	ISO 4017-M16x55
Tuercas	Clase 8	8	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	16	ISO 7089-16

Se han dispuesto los tornillos de forma simétrica, siendo suficientes 8 tornillos de M16 en la unión viga – pilarillo, para cumplir con los requerimientos de la normativa para este tipo de uniones. Por facilidades de montaje los 8 tornillos seleccionados serán iguales.

Para la soldadura, se ha demostrado que para los diferentes tipos de cordones las tensiones cumplen los dos requisitos establecidos por la norma.

#### 2.2.3.5.7. Unión de arriostramiento

Las uniones de los tirantes de arriostramiento se resuelven mediante una placa de anclaje de acero con perfil en L, fijada al tirante mediante 2 tuercas (los tirantes disponen de una rosca en cada extremo) y soldada a la viga. A continuación, se muestra una de las uniones de esta tipología realizadas en el proyecto:



Los elementos que forman la unión presentan los siguientes parámetros:

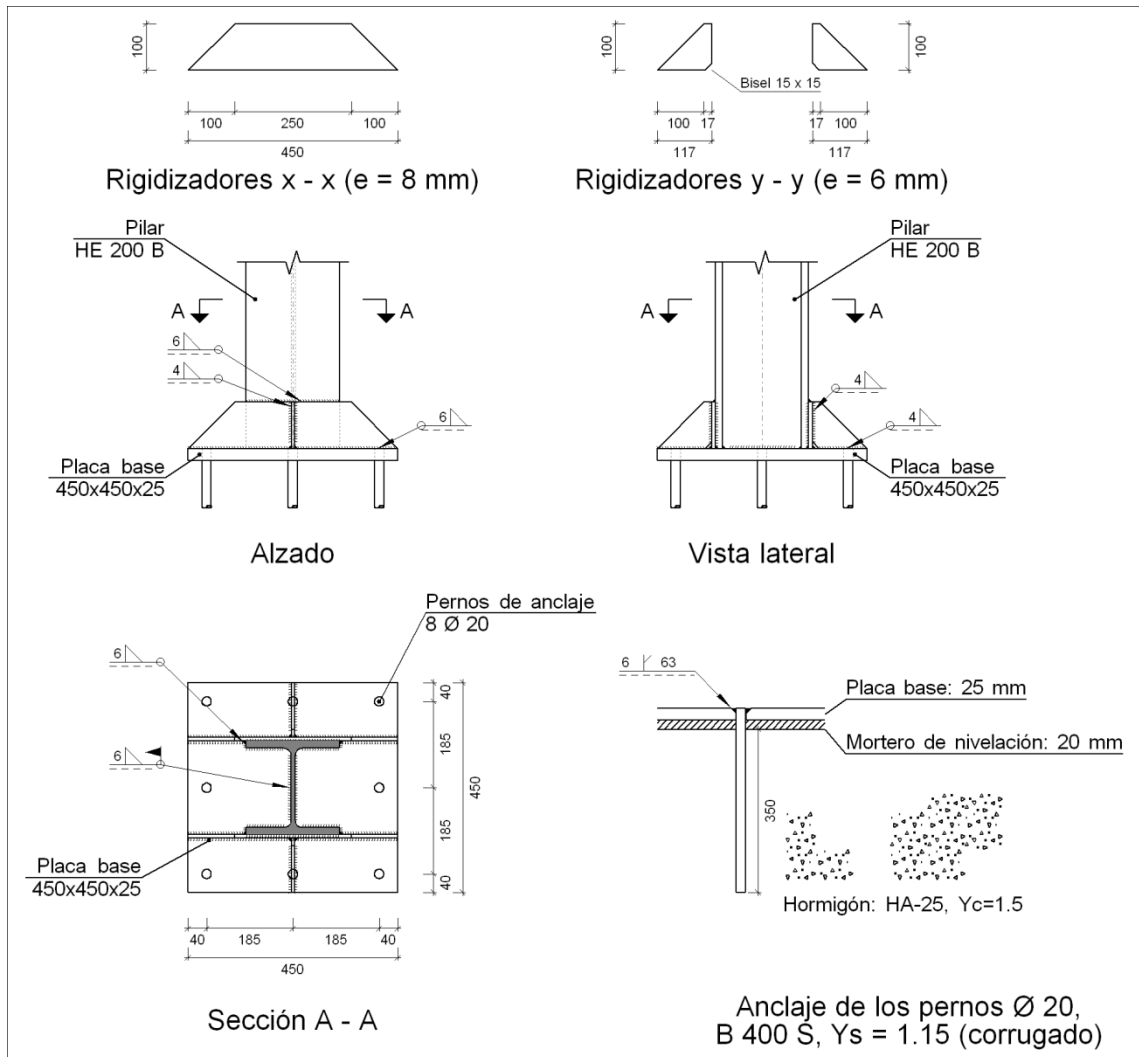
Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L60x8	110	0.77
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M14
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-14

### 2.2.3.6. Placas de anclaje

Debido a que los pilares metálicos no podría asentarse directamente sobre el hormigón de la cimentación ya que éste no resistiría las tensiones transmitidas, se dispondrán de unas placas metálicas entre pilar y cimiento. Su función fundamental será la de disminuir las tensiones para que puedan ser admisibles para el hormigón.

La unión de la placa de anclaje con la zapata se realizará mediante pernos de anclaje embebidos en el hormigón, los cuales inmovilizarán el pilar ante posibles tracciones provocadas por los momentos sobre las zapatas.



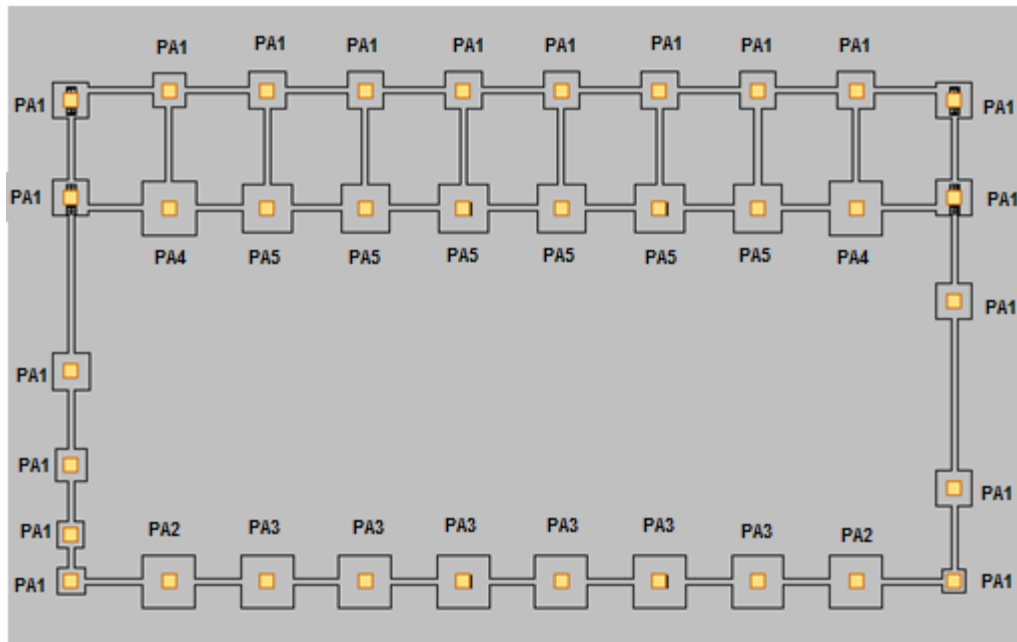
**Fig.40.** Vistas en planta y perfil de las placas de anclaje.

En este caso se ha optado por utilizar placas base de acero, junto con rigidizadores, pernos y sus respectivas tuercas, para realizar un empotramiento efectivo.

Los materiales utilizados son los siguientes:

- Pernos: Acero corrugado B400 S
- Placa base: Acero S275JR
- Rigidizadores: Acero S275JR
- Hormigón: HA 25,

La estructura cuenta con 7 tipos diferentes de placa de anclaje con pernos.



**Fig.41.** Planta cimentación.

Las características de los elementos de anclaje quedan definidas en la siguiente tabla:

	<b>Dimensión de Placas de anclaje</b>	<b>Pernos de Placas de anclaje</b>
Tipo 1	450x450x25	8 Pernos, $\varnothing$ 20
Tipo 2	650x650x25	8 Pernos, $\varnothing$ 32
Tipo 3	650x650x25	8 Pernos, $\varnothing$ 32
Tipo 4	650x650x22	8 Pernos, $\varnothing$ 32
Tipo 5	650x650x22	4 Pernos, $\varnothing$ 32

**Fig.42.** Esquema de la disposición de las distintas placas de anclaje.

### 2.2.3.7. Cimentación

La cimentación es la parte estructural del edificio, encargada de transmitir las cargas al terreno distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible. Dado que la resistencia del terreno es menor que la del hormigón

o la del acero, es necesario realizar un reparto sobre una superficie del terreno mayor que la sección del pilar.

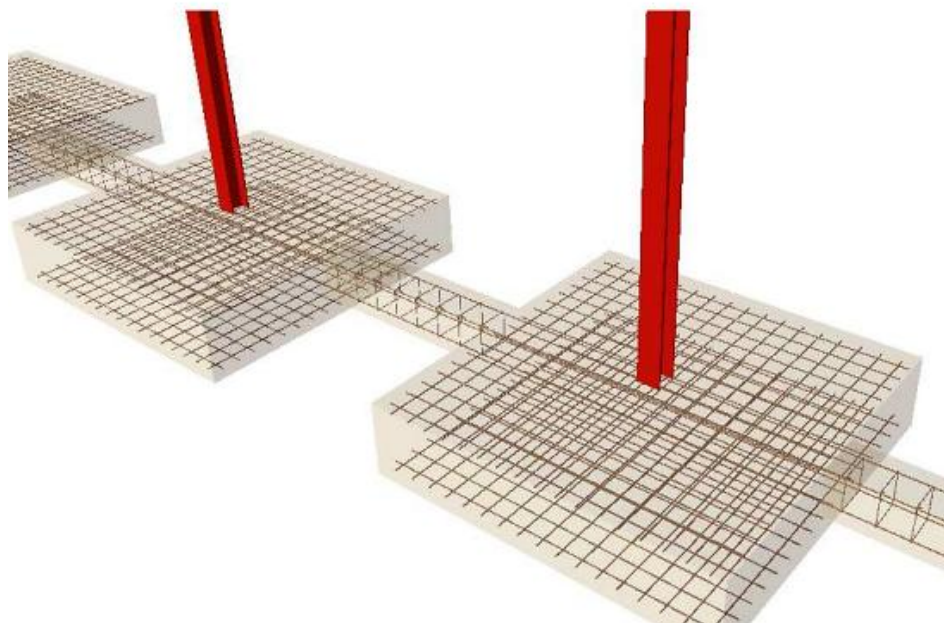
Previa a la realización de la cimentación es necesario un estudio geotécnico del terreno, cuya finalidad es conocer las características del terreno que soportará la obra. Sin embargo, debido a su extensión no va a entrar en el estudio de este proyecto. Por lo tanto, tomaremos como presión admisible un valor de  $1,75 \text{ kg/cm}^2$  al tratarse de un terreno arcilloso semiduro.

La cimentación se realizará mediante zapatas aisladas rígidas. . Estas irán unidas mediante vigas de atado, cuya finalidad será la de evitar el movimiento relativo entre ellas. El término aislada significa que sobre ella, descansa o recae un único pilar. La zapata es el elemento estructural que se utiliza para repartir la carga que llega a través de un pilar al terreno.

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.

Normalmente, las zapatas están realizadas en hormigón, incrustándose dentro de este una serie de barras metálicas para la correcta unión entre la estructura metálica y el soporte.

En este caso, tanto las zapatas como las vigas de atado cuentan con armado superior e inferior en X e Y.



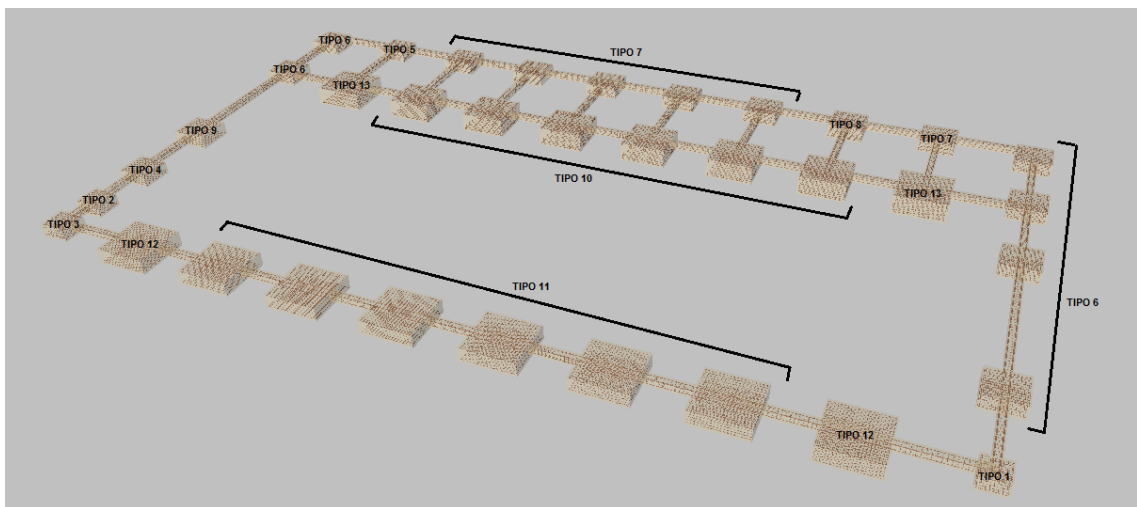
**Fig.43.** Vista en perspectiva de las zapatas.

Los elementos y los coeficientes de seguridad que se emplearán en la construcción de las zapatas serán:

- Hormigón: HA-25/P/40/II a
- Armado de acero: B 400 S
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón:  $\gamma_c = 1'5$
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero:  $\gamma_s = 1'15$
- Coeficiente de mayoración de las acciones:  $\gamma_f = 1'5$

Las zapatas obtenidas serán de unas dimensiones diferentes en función de las fuerzas y momentos actuantes en los empotramientos de los pilares. Se han agrupado en 3 tipos, los cuales se pueden observar en el siguiente esquema:

#### 2.2.3.7.1. Zapatas



**Fig.44.** Tipos de zapatas.



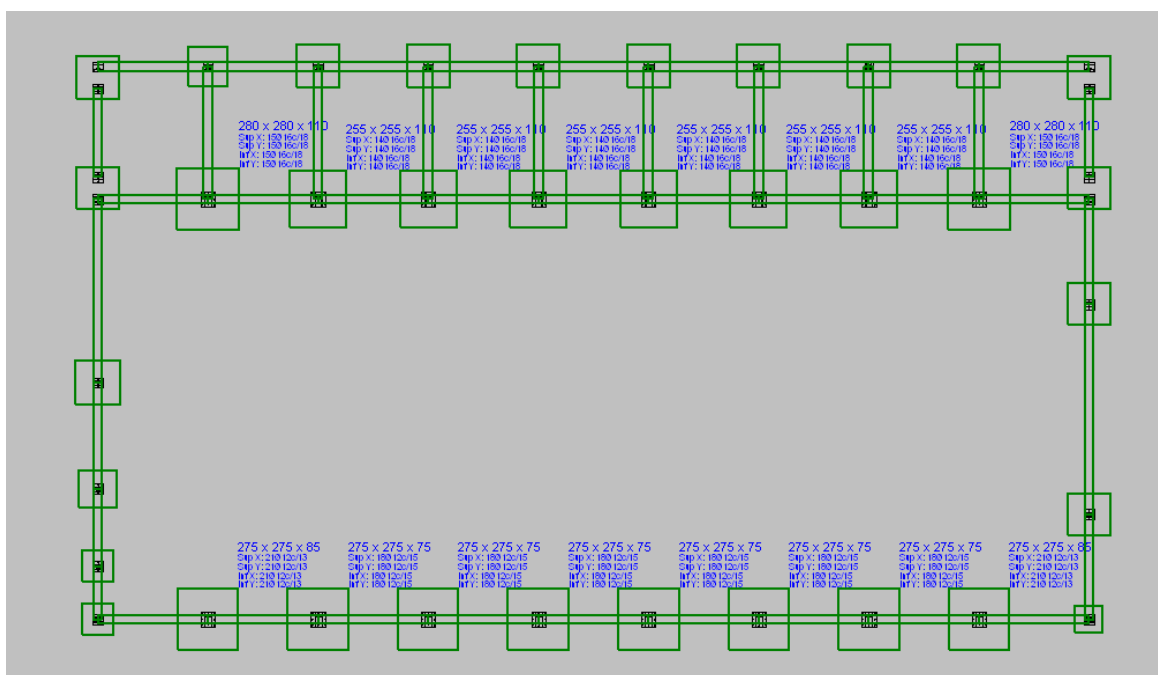
Referencias	Geometría	Armado
<b>TIPO 1</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 62.5 cm Ancho inicial Y: 62.5 cm Ancho final X: 62.5 cm Ancho final Y: 62.5 cm Ancho zapata X: 125.0 cm Ancho zapata Y: 125.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 8Ø12c/15 Sup Y: 8Ø12c/15 Inf X: 8Ø12c/15 Inf Y: 8Ø12c/15
<b>TIPO 2</b>	Zapata cuadrada Ancho: 140.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 9Ø12c/15 Sup Y: 9Ø12c/15 Inf X: 9Ø12c/15 Inf Y: 9Ø12c/15
<b>TIPO 3</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 72.5 cm Ancho inicial Y: 72.5 cm Ancho final X: 72.5 cm Ancho final Y: 72.5 cm Ancho zapata X: 145.0 cm Ancho zapata Y: 145.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 9Ø12c/15 Sup Y: 9Ø12c/15 Inf X: 9Ø12c/15 Inf Y: 9Ø12c/15
<b>TIPO 4</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 85.0 cm Ancho inicial Y: 85.0 cm Ancho final X: 85.0 cm Ancho final Y: 85.0 cm Ancho zapata X: 170.0 cm Ancho zapata Y: 170.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 11Ø12c/15 Sup Y: 11Ø12c/15 Inf X: 11Ø12c/15 Inf Y: 11Ø12c/15
<b>TIPO 5</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 87.5 cm Ancho inicial Y: 87.5 cm Ancho final X: 87.5 cm Ancho final Y: 87.5 cm Ancho zapata X: 175.0 cm Ancho zapata Y: 175.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 11Ø12c/15 Sup Y: 11Ø12c/15 Inf X: 11Ø12c/15 Inf Y: 11Ø12c/15
<b>TIPO 6</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 95.0 cm Ancho inicial Y: 95.0 cm Ancho final X: 95.0 cm Ancho final Y: 95.0 cm Ancho zapata X: 190.0 cm Ancho zapata Y: 190.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 12Ø12c/15 Sup Y: 12Ø12c/15 Inf X: 12Ø12c/15 Inf Y: 12Ø12c/15

Referencias	Geometría	Armado
<b>TIPO 7</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 97.5 cm Ancho inicial Y: 97.5 cm Ancho final X: 97.5 cm Ancho final Y: 97.5 cm Ancho zapata X: 195.0 cm Ancho zapata Y: 195.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 13Ø12c/15 Sup Y: 13Ø12c/15 Inf X: 13Ø12c/15 Inf Y: 13Ø12c/15
<b>TIPO 8</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 97.5 cm Ancho inicial Y: 97.5 cm Ancho final X: 97.5 cm Ancho final Y: 97.5 cm Ancho zapata X: 195.0 cm Ancho zapata Y: 195.0 cm Canto: 85.0 cm	Sup X: 14Ø12c/13 Sup Y: 14Ø12c/13 Inf X: 14Ø12c/13 Inf Y: 14Ø12c/13
<b>TIPO 9</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 100.0 cm Ancho inicial Y: 100.0 cm Ancho final X: 100.0 cm Ancho final Y: 100.0 cm Ancho zapata X: 200.0 cm Ancho zapata Y: 200.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 13Ø12c/15 Sup Y: 13Ø12c/15 Inf X: 13Ø12c/15 Inf Y: 13Ø12c/15
<b>TIPO 10</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 127.5 cm Ancho inicial Y: 127.5 cm Ancho final X: 127.5 cm Ancho final Y: 127.5 cm Ancho zapata X: 255.0 cm Ancho zapata Y: 255.0 cm Canto: 110.0 cm	Sup X: 14Ø16c/18 Sup Y: 14Ø16c/18 Inf X: 14Ø16c/18 Inf Y: 14Ø16c/18
<b>TIPO 11</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 137.5 cm Ancho inicial Y: 137.5 cm Ancho final X: 137.5 cm Ancho final Y: 137.5 cm Ancho zapata X: 275.0 cm Ancho zapata Y: 275.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 18Ø12c/15 Sup Y: 18Ø12c/15 Inf X: 18Ø12c/15 Inf Y: 18Ø12c/15
<b>TIPO 12</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 137.5 cm Ancho inicial Y: 137.5 cm Ancho final X: 137.5 cm Ancho final Y: 137.5 cm Ancho zapata X: 275.0 cm Ancho zapata Y: 275.0 cm Canto: 85.0 cm	Sup X: 21Ø12c/13 Sup Y: 21Ø12c/13 Inf X: 21Ø12c/13 Inf Y: 21Ø12c/13

Referencias	Geometría	Armado
<b>TIPO 13</b>	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 140.0 cm Ancho inicial Y: 140.0 cm Ancho final X: 140.0 cm Ancho final Y: 140.0 cm Ancho zapata X: 280.0 cm Ancho zapata Y: 280.0 cm Canto: 110.0 cm	Sup X: 15Ø16c/18 Sup Y: 15Ø16c/18 Inf X: 15Ø16c/18 Inf Y: 15Ø16c/18

**2.2.3.7.2. Vigas de atado**

Se colocarán vigas de atado para evitar los desplazamientos horizontales de las zapatas, soportar los momentos de las columnas (especialmente por sismo), disminuir el efecto de los asentamientos diferenciales y, para soportar los momentos, debido a la excentricidad de la carga de la columna y la reacción del suelo.



**Fig.45. Disposición de las vigas de atado.**

Referencias	Geometría	Armado
-------------	-----------	--------

Referencias	Geometría	Armado
C [(N6 - N88)-N14], C [N14-N22], C [N30-N22], C [N30-N38], C [N38-N46], C [N46-N54], C [N54-N62], C [N62-N70], C [N70-(N78 - N84)], C [N73-N65], C [N65-N57], C [N57-N49], C [N49-N41], C [N41-N33], C [N33-N25], C [N25-N17], C [N17-N9], C [N9-N1], C [(N3 - N87)-N11], C [N11-N19], C [N19-N27], C [N27-N35], C [N43-N35], C [N43-N51], C [N51-N59], C [N59-N67] y C [N67-(N75 - N83)]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20
C [(N78 - N84)-(N75 - N83)] y C [(N3 - N87)-(N6 - N88)]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20
C [(N75 - N83)-N82] y C [N81-N73]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20
C [N82-N81]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20
C [N85-N86]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20
C [N86-(N3 - N87)]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20
C [N1-N115]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20
C [N115-N85]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20
C [N14-N11], C [N22-N19], C [N30-N27], C [N38-N35], C [N46-N43], C [N54-N51], C [N62-N59] y C [N70-N67]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø20 Inferior: 2Ø20 Estribos: 1xØ8c/20

Se confirman las condiciones de tracción y pandeo con unas dimensiones finales de **400 x 400 mm**, con lo cual, se colocarán **4 barras de 20mm** de diámetro.

### 2.2.3.8. Solera

La solera se diseña de acuerdo a la normativa recogida en el NTE-RSS. De acuerdo con la normativa se distingue el tipo de solera empleada, en este caso, se trata de una solera semipesada (RSS-5).

Este tipo de solera se emplea en locales con una sobrecarga estática máxima prevista de  $5 \text{ t/m}^2$  y en locales con previsión de circulación de vehículos de hasta 2,5 toneladas por eje.

Se dispone de dos tipos de juntas:

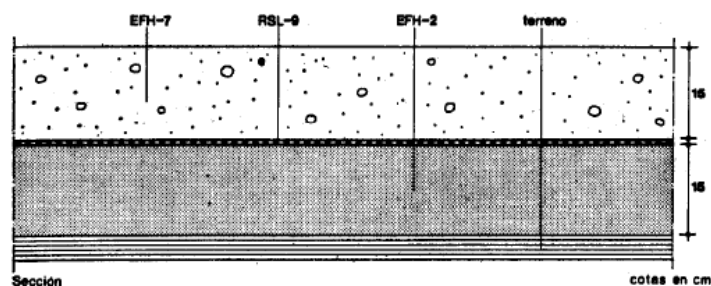
Juntas de retracción: forman una cuadrícula de lado no mayor de 6 m. El espesor está comprendido entre 0,5 y 1 cm y una profundidad de 10 cm.

Juntas de contorno: sirven para aislar la solera de otros elementos estructurales como pilares o bloques de cimentación, por lo que se sitúan en todo el contorno, donde la solera entra en contacto con los pilares y la cimentación.

Las especificaciones de las soleras semipesadas son las siguientes:

La solera está formada por una capa de 15 cm de arena de río con tamaño máximo de grano de 0,5 cm extendida sobre terreno compactado mecánicamente hasta conseguir un valor del 85% del Proctor Normal. Además, cuenta con otra capa de hormigón de resistencia característica de  $175 \text{ kg/cm}^2$  de la misma anchura que la anterior, ambas separadas por una lámina aislante de polietileno.

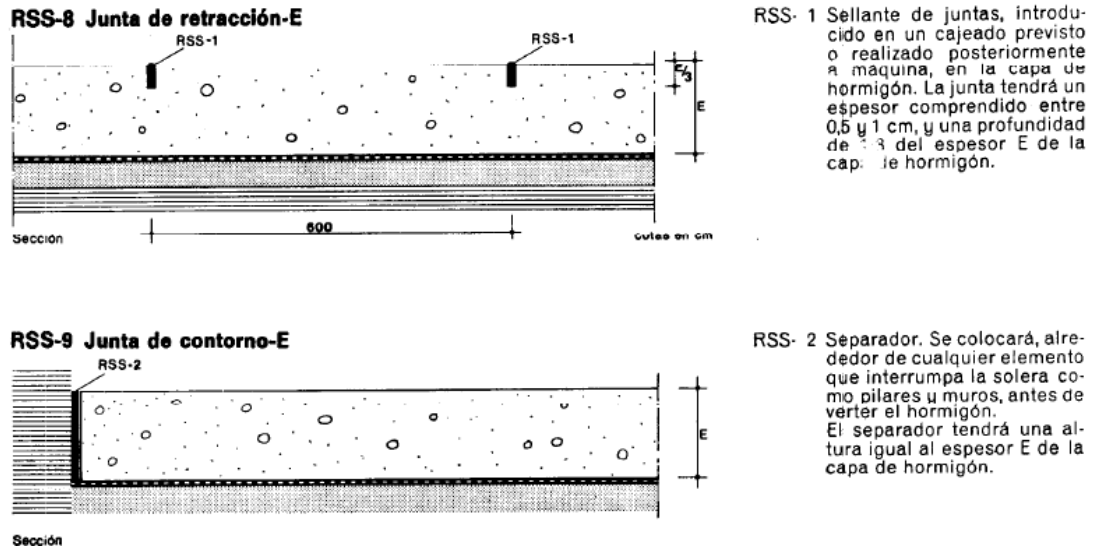
#### RSS-5 Solera semipesada



- EFH- 2 Arena de río, con tamaño máximo de grano 0,5 cm formando una capa de 15 cm de espesor, extendida sobre terreno compactado mecánicamente hasta conseguir un valor del 85 % del Proctor Normal. Se terminará enrasándola previo compactado en dos capas.
- RSL- 9 Lámina aislante de polietileno.
- EFH- 7 Hormigón de resistencia característica  $175 \text{ kg/cm}^2$  formando una capa de 15 cm de espesor, extendido sobre la lámina aislante. La superficie se terminará mediante reglado. El curado se realizará mediante riego que no produzca deshidratación.

**Fig.46.** Normativa NTE-RSS.

A continuación, se muestran las juntas de contorno y de retracción de las que debe disponer la solera.



**Fig.47.** Juntas de la solera.

### 2.2.3.9. Estabulación mediante cubículos

En el presente apartado se describen la geometría y la disposición de la estabulación mediante cubículos a instalar en el interior de la nave. Dicha instalación no se incluye en el presente proyecto, ya que se realiza posteriormente a la construcción de la nave. A pesar de ello, es importante que quede totalmente definido cualquier elemento interior del que se dotará a la nave, ya que esta se dimensionará y definirá en función de su actividad interior.

La estabulación dispone de 55 cubículos en total, dispuestos en 3 filas, una de ellas junto a la pared de la fachada lateral y las otras dos ubicadas en el medio de la estabulación enfrentadas entre sí.

La geometría de cada cubículo es la mostrada a continuación:

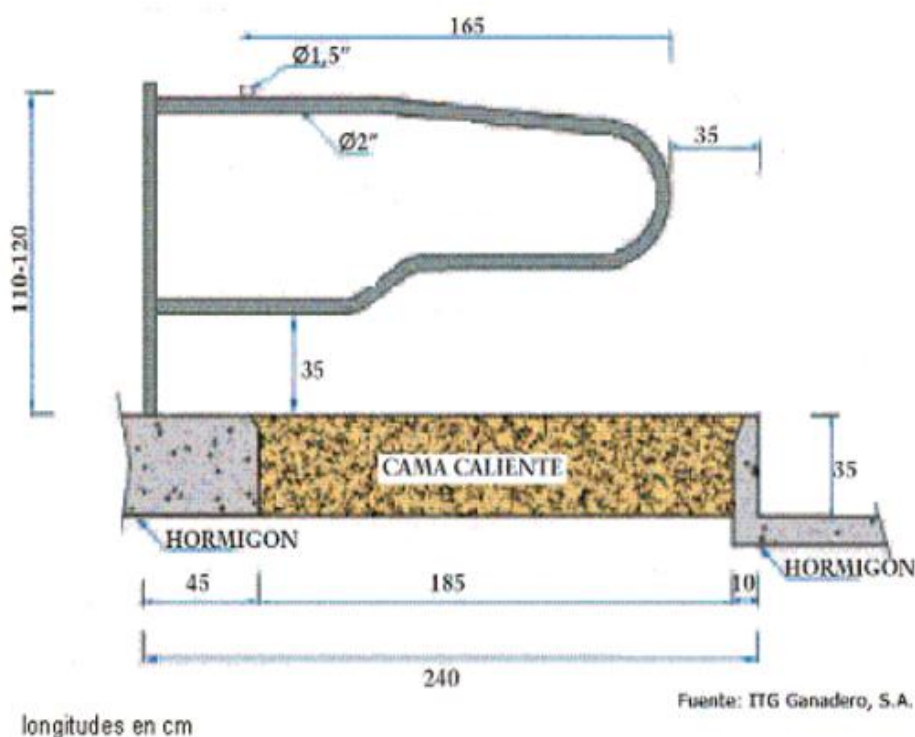
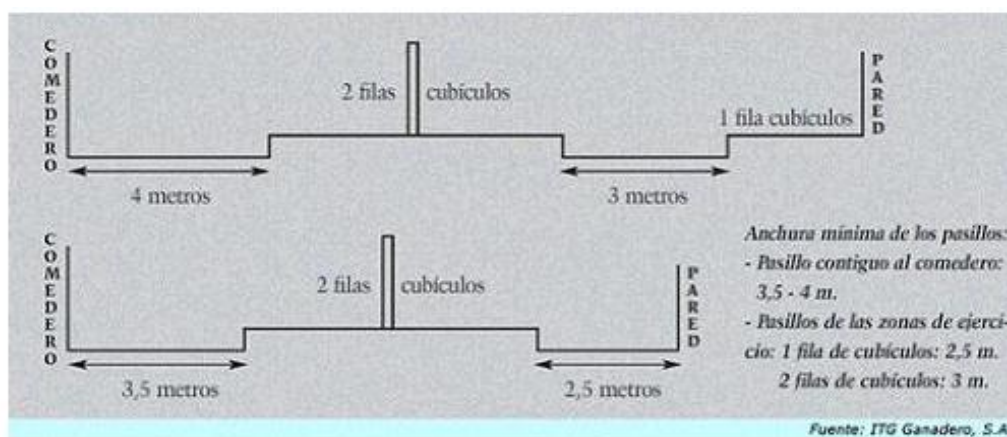


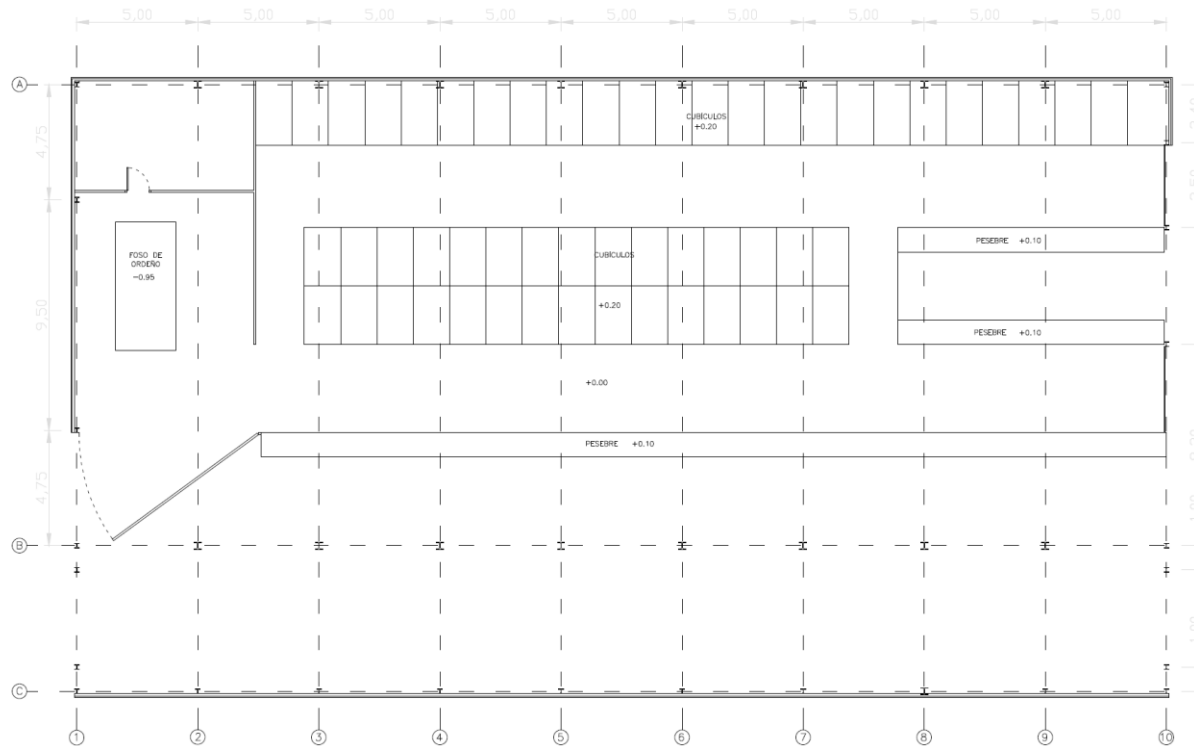
Fig.48. Geometría de los cubículos.

Según la normativa la anchura de los pasillos entre cubículos es la siguiente:

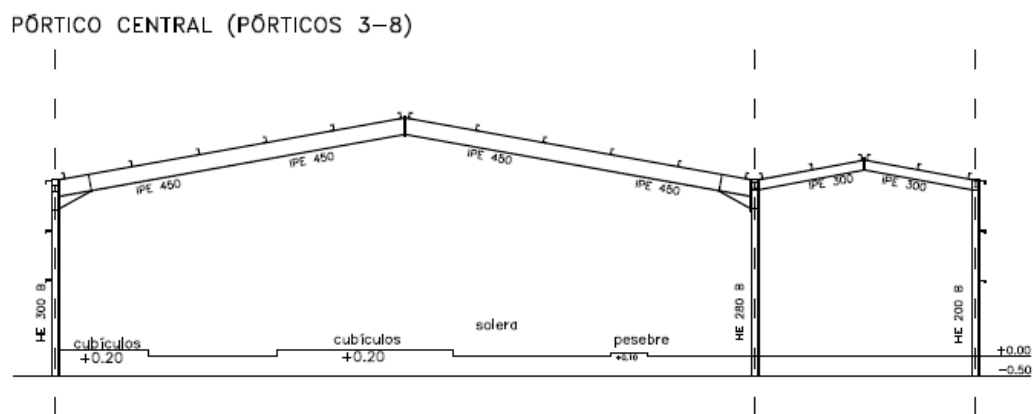


Peso de la vaca	Anchura del cubículo (cm)	Longitud del cubículo Espacio al frente en cm	Tubo de contención a la altura de la cruz (Altura en cm sobre el nivel de la cama)	Distancia del Tubo de contención al límite con el pasillo posterior
365 - 550 kg	107 - 112 cm	230 - 245 cm	94 cm	159 cm
550 - 680 kg	112 - 122 cm	245 - 259 cm	102 cm	168 cm
>680 kg	122 - 132 cm	259 - 275 cm	107 cm	180 cm

Por último, se muestran un esquema general de la distribución de los cubículos en el interior de la nave y el alzado de la estabulación que permite visualizar los diferentes niveles de los que está dotada la solera para la posterior implantación del sistema de cubículos.



**Fig.49.** Plano general de distribución interior.



**Fig.50.** Plano de alzado - solera.



### **2.2.3.10. Tabiquería interior**

El proceso de ordeño es una operación que requiere una distribución concreta, ya que en dicha operación trabajan conjuntamente los animales, la mano de obra humana y la maquinaria que realiza el proceso. Además, es necesario un elevado nivel de limpieza al tratarse de la producción de un producto de alimentación.

Por lo tanto, es indispensable que exista una separación de la zona de estabulación del ganado respecto a la zona de ordeño.

Para ello, se dispone de dos tabiques interiores en forma de T que distribuyen la sala de ordeño y la sala que alberga el tanque de refrigeración de leche.

Los tabiques están contruidos con bloques de hormigón y tienen una anchura de 10 cm y una altura de 3,5 m.



**Fig.51.** *Bloque de hormigón para tabiques.*

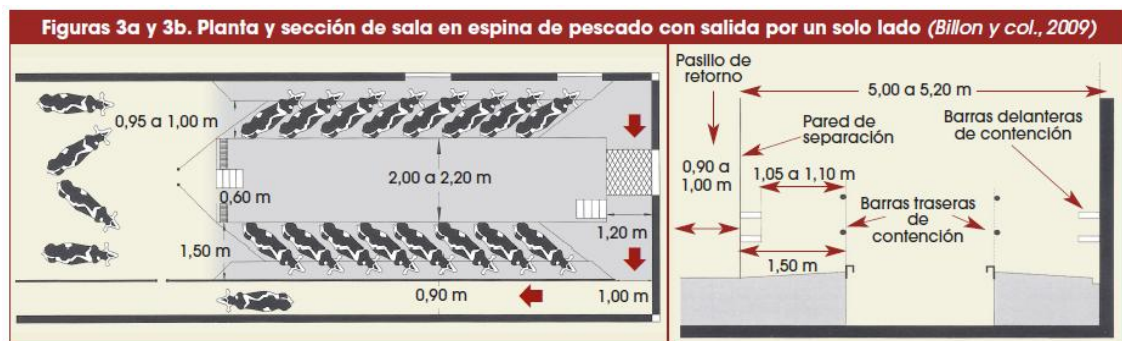
### **2.2.3.11. Descripción de elementos interiores**

A continuación, se detallan algunos de los elementos que se instalarán en el interior de la nave una vez esta sea construida, con la intención de justificar las dimensiones y características de los espacios diseñados para su implantación.

### 2.2.3.11.1. Sala de ordeño

La sala de ordeño ocupa una zona concreta en el interior de la estabulación de ganado y está situada en la parte frontal izquierda de la nave. Esta zona se diferencia de la zona de estabulación mediante los tabiques interiores, ya que tiene un uso específico y contará con la maquinaria necesaria para realizar el ordeño, por lo que tiene un acceso restringido para el ganado.

A continuación, se muestra un croquis de las medidas estándar de la sala de ordeño a implantar, en este caso concreto es una sala de ordeño tipo espina de pescado con capacidad para 6 cabezas de ganado simultáneamente:



**Fig.52.** Sala de ordeño tipo espina de pescado.

Tal y como se muestra en la figura, la sala cuenta con un foso de ordeño que ha sido calculado en el correspondiente apartado.

### 2.2.3.11.2. Sala de tanque de refrigeración de leche

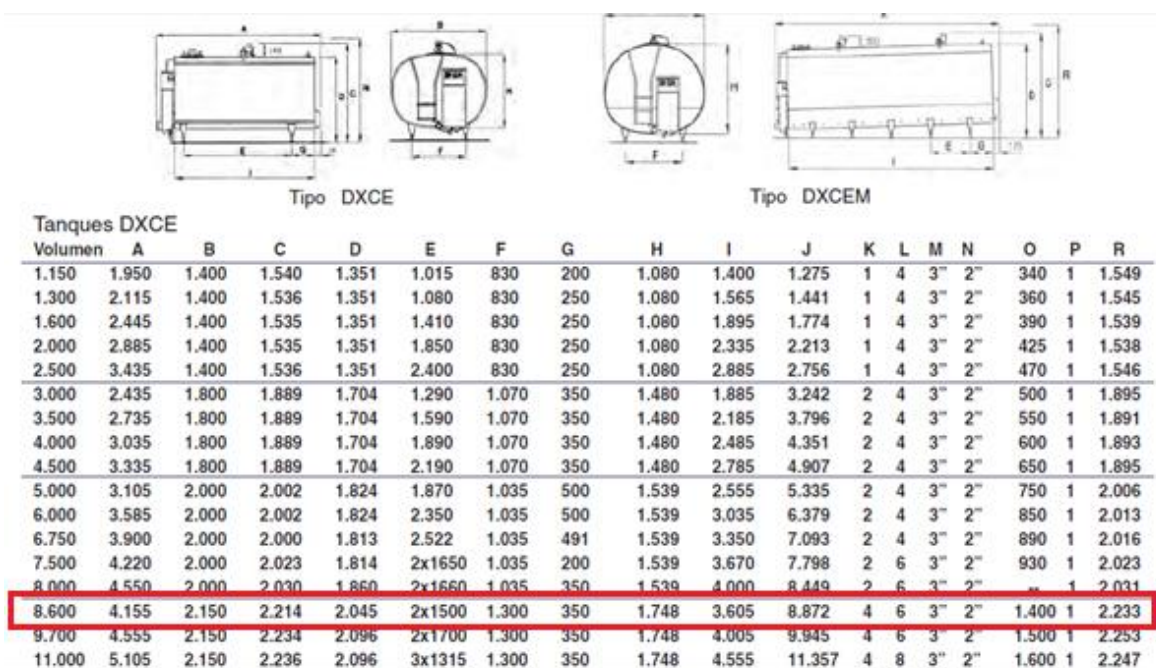
Contigua a la sala donde se realiza el ordeño del ganado, se encuentra la sala que alberga el tanque de refrigeración de la leche. Dicho tanque almacenará el producto hasta su recogida periódica, manteniéndolo a la temperatura adecuada para su correcta conservación.

El tanque escogido es el mostrado a continuación, basando la elección en la producción diaria estimada para el número de animales de la explotación.



Tanque DeLaval DXCE con lavadora DeLaval T200

**Fig.53.** Tanque de refrigeración de leche.

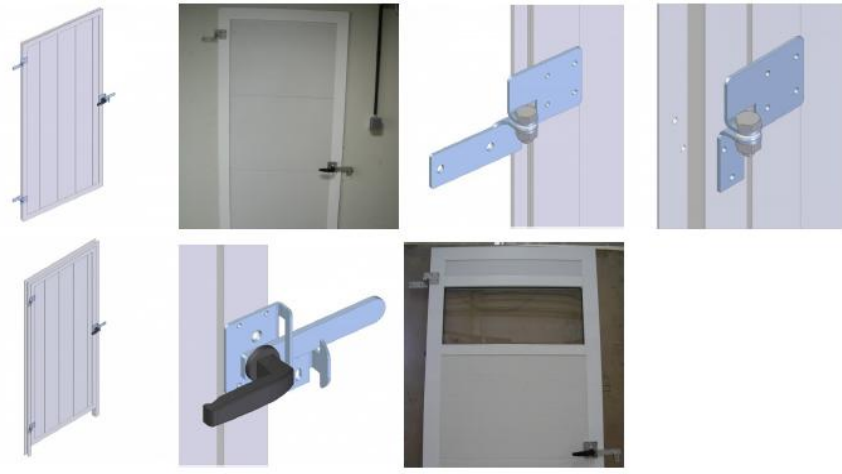


**Fig.54.** Geometría tanque de refrigeración.

En dicha sala además, se ubica parte de la maquinaria encargada del ordeño, la maquinaria de bombeo de la leche hacia el tanque y el sistema de lavado automático.

La sala dispone de dos accesos, uno interior desde la sala de ordeño para que el trabajador acceda durante la realización de la tarea, y uno exterior para realizar la recogida de la leche almacenada en el tanque.

La puerta de acceso desde el exterior se ha escogido del catálogo de Industrias metálicas Govi y se trata de una puerta de aluminio-PVC de 100x200mm.



**Fig.55.** Detalles puerta de acceso personas

### **2.2.3.12. Fosas**

#### **2.2.3.12.1. Fosa de purines**

Construcción destinada al almacenaje del estiércol semifluido (mezcla de heces y orina denominado purín) y el agua de limpieza procedente de las naves.

La fosa tiene unas dimensiones de 8 m de anchura y 8 m de longitud, mientras que consta de una altura de 4 m.

La solera es de hormigón armado HA-25/P/20/Ila, de 45 cm de espesor, sobre encachado de piedra 40/80 y zahorra de 30 cm de espesor.

Las paredes son de hormigón armado HA-25/P/25/Ila de 4 m de altura y 40 cm de espesor.

El acero para las armaduras es un acero B 500 S.

#### **2.2.3.12.2. Fosa de ordeño**

Fosa interior que forma parte de la sala de ordeño del ganado, encargada de albergar al personal encargado de realizar dicha la tarea.

Tiene unas dimensiones de 5,3 m de longitud por 2,5 m de anchura, mientras que su altura es de 0,95 m.

La solera es de hormigón armado HA-25/P/20/IIa, de 30 cm de espesor, sobre encachado de piedra 40/80 y zahorra de 30 cm de espesor.

Las paredes son de hormigón armado HA-25/P/25/IIa de 0,95 m de altura y 20 cm de espesor.

El acero para las armaduras es un acero B 500 S.

### **2.2.3.13. Saneamiento**

Se establece un sistema separativo que está compuesto de dos redes independientes una para aguas pluviales y otra para aguas residuales y estas no confluirán en ningún punto.

El cálculo, la distribución y las características de los elementos que forman la red de evacuación de aguas pueden consultarse en el apartado “Instalaciones” del documento “3. Cálculos” del presente Proyecto.

Para proyectar las dimensiones de los elementos que constituyen las redes de evacuación de aguas, se ha utilizado la normativa vigente CTE-DB HS, que se ocupa de las instalaciones de salubridad.

#### **2.2.3.13.1. Red de evacuación de aguas pluviales**

La evacuación de las aguas pluviales se ha realizado mediante la colocación de canalones y bajantes en la cubierta de la nave. Se disponen 3 canalones a lo largo de toda la longitud de la cubierta de la nave, 2 en los laterales y uno central, donde confluyen ambas cubiertas.

Los canalones son de acero galvanizado y para un régimen con intensidad pluviométrica de 155mm/h, el diámetro de los **canalones** será de **250 mm**.

Para que el desagüe se ejecute correctamente, los canalones se colocan con una pequeña pendiente del **4%** aproximadamente, que se consigue mediante la utilización de unos calzos que se colocan en los puntos de apoyo de cada canalón.

Cada canalón consta de cuatro sumideros con sus respectivas bajantes de PVC sujetas a los cerramientos mediante abrazaderas y que desembocan en arquetas situadas a pie de bajante.

Las bajantes se colocan verticalmente, es decir, con una pendiente del 100% y la superficie aproximada a desaguar es la siguiente: 145,31 m<sup>2</sup> para las bajantes de los extremos y 290,62 m<sup>2</sup> para las bajantes intermedios (el doble que los de los extremos, ya que cada uno de ellos recoge el agua de dos canalones). Con estos datos, el diámetro para todas las **bajantes** es de **90 mm**, puesto que todos ellos entran en el mismo grupo.

Por último, las arquetas son elementos prefabricados de hormigón unidas entre sí mediante conductos llamados **colectores**, que tienen una pendiente de 2% para facilitar la evacuación y un diámetro de **110 mm**. Las dimensiones de las **arquetas** son **50x50 mm**

La disposición final se presenta en el plano correspondiente a “4.26 Red de evacuación de aguas”.

#### 2.2.3.13.2. Red de evacuación de aguas residuales

Dentro de las instalaciones no se encuentran cuartos de baño, fregaderos etc., por lo que la red de aguas residuales únicamente consta de 2 sumideros ubicados en la zona central del almacén y el pasillo de alimentación. Estos sumideros evacuan el agua procedente de la limpieza de la nave y desaguan en 2 **arquetas sumidero**.

Las arquetas se unen a través de **colectores** enterrados con una pendiente del 2% que permite la evacuación de aguas residuales por gravedad, mientras que su diámetro es de **50 mm**.

#### **2.2.4. PLANIFICACIÓN**

Se trata de un proyecto en el que se construirá una nave de estabulación de ganado lechero con su correspondiente almacén de materias primas de planta 45m x 25m. Además, contiguo a la fachada trasera de la nave se ubica una fosa excavada para el vertido de purines.

Para llevar a cabo la ejecución de la nave, se ha previsto un plan de obra que se divide en 10 partes diferentes. En dichas partes se incluyen la gestión de residuos, la seguridad y salud, cuyos periodos de actuación deben ser durante toda la obra, y el control de calidad, cuyo periodo de actuación

empieza dos semanas más tarde y se prolonga hasta el fin de la obra. Por lo tanto el tiempo establecido para la construcción total de la nave se repartirá en dichas partes de la siguiente manera:

1. Adecuación del terreno: 1 semana
2. Movimiento de tierras y excavación: 3 semanas
3. Cimentación estructura + fosas: 4 semanas
4. Estructura metálica: 6 semanas
5. Cubierta: 2 semanas
6. Solera + pasillo perimetral fosa: 2 semanas
7. Cerramientos laterales + vallado perimetral: 3 semanas
8. Tabiquería: 2 semana
9. Instalaciones: 2 semanas
10. Acabados: 1 semana

FASES	SEMANAS																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1. Tereno	█																									
2. Tierras		█	█	█																						
3. Cimentación					█	█	█	█	█																	
4. Estructura										█	█	█	█	█	█											
5. Solera																█	█									
6. Cubierta																	█	█								
7. Cerramientos																			█	█	█					
8. Tabiquería																						█	█			
9. Instalaciones																									█	█
10. Acabados.																										█

TIEMPO TOTAL ESTIMADO:

**26 SEMANAS**

### 2.3. CUMPLIMIENTO DEL CTE

La elaboración del presente proyecto sigue los criterios establecidos por el CTE. El Código Técnico de la Edificación. En el cual se detallan todas las exigencias en materia de seguridad y de habitabilidad que son preceptivas a la hora de construir un edificio, según la Ley de Ordenación de la Edificación.

El CTE se compone de los diferentes Documentos Básicos:

- DB SE: Seguridad estructural.
- DB SI: Seguridad en caso de incendio
- DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad DB HE: Ahorro de energía
- DB HR: Protección frente al ruido DB HS: Salubridad

El DB-SE constituye la base para los Documentos Básicos siguientes y se utilizará conjuntamente con ellos:

- DB-SE-AE Acciones en la edificación
- DB-SE-C Cimientos
- DB-SE-A Acero
- DB-SE-F Fábrica
- DB-SE-M Madera
- DB-SI Seguridad en caso de incendio

Deberán tenerse en cuenta, además, las especificaciones de la normativa siguiente:

- NCSE Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación.
- EHE Instrucción de hormigón estructural.
- EFHE Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.

### **2.3.1. Seguridad estructural**

#### SE 1 Resistencia y Estabilidad

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

#### ESTADO LÍMITE ÚLTIMO:

Situación que de ser superada, existe un riesgo para las personas, ya sea por una puesta fuera de servicio o por colapso parcial o total de la estructura:

- Pérdida de equilibrio.
- Deformación excesiva.
- Transformación de estructura en mecanismo.
- Rotura de elementos estructurales o sus uniones.
- Inestabilidad de elementos estructurales.

#### SE 2 Aptitud al servicio

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.



## ESTADO LÍMITE DE SERVICIO:

Situaciones que de ser superadas se afecta:

- El nivel de confort y bienestar de los usuarios.
- Correcto funcionamiento del edificio.
- Apariencia de la construcción.

## SE-AE Acciones de la edificación

El campo de aplicación de este Documento Básico es el de la determinación de las acciones sobre los edificios. Los tipos de acciones y su tratamiento se establecen en el DB-SE.

Los tipos de acciones que se recogen en este documento son los siguientes:

1. Acciones permanentes.
  - Peso propio
  - Pretensado
  - Acciones del terreno
2. Acciones variables.
  - Sobrecarga de uso
  - Acciones sobre barandillas y elementos divisorios
  - Viento
  - Acciones térmicas Nieve
3. Acciones accidentales
  - Sismo
  - Incendio
  - Impacto

## SE-C Cimentaciones

1. Bases de cálculo.
2. Estudio geotécnico.
3. Cimentación.
4. Cimentación de tipo superficial. Se proyecta con zanjas corridas y
5. zapatas rígidas de hormigón armado
6. Sistemas de contenciones.

## SE-A Estructuras de acero

1. Bases de cálculo.
2. Durabilidad.
3. Se tendrán en consideración los aspectos (9) definidos en el DB SE-A en el apartado 3.
4. Materiales.
5. Análisis estructural.
6. Estados Límites últimos.
7. Estado límite de servicio.
8. Situación que de ser superada se afecta:
9. - El nivel de confort y bienestar de los usuarios.
- 10.- Correcto funcionamiento del edificio.
- 11.- Apariencia de la construcción.

### **2.3.2. Seguridad en caso de incendio**

Las instalaciones de protección contra incendios se diseñan en base a lo establecido en DB-SI.

Dado que en este tipo de instalaciones no se considera riesgo de incendio, únicamente entra dentro del estudio la zona del almacén, cuya normativa de aplicación será la recogida en el **Real Decreto 2267/2004 Reglamento de**

#### Seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

Tras el estudio se cataloga el establecimiento dentro de la clase C con un nivel de riesgo intrínseco bajo y nivel de ocupación nulo.

Por todo ello se ha dotado a la nave con los siguientes elementos:

- Extintores portátiles de eficacia 21A-144B-C (3 Ud.).
- Señales de identificación de extintores de tamaño 420x420 mm (3 Ud.)
- Señales de recorrido de evacuación (3 Ud.).
- Señales de salida de emergencia (1 Ud.).
- Capa de pintura intumescente de 260 micras para los dinteles y de 173 micras para los pilares.

Los detalles de la instalación contra incendio pueden consultarse en el documento “Estudio de Seguridad contra Incendio” del presente proyecto y su disposición, en el interior del edificio en el plano.

### **2.3.3. SALUBRIDAD**

EL DB-HS se refiere a las exigencias básicas relacionadas con el requisito básico "Higiene, salud y protección del medio ambiente".

También deben cumplirse las exigencias básicas de los demás requisitos básicos, lo que se posibilita mediante la aplicación del DB correspondiente a cada uno de ellos.

En el presente proyecto es de aplicación el apartado HS 4 "Suministro de agua" y el HS 5 "Evacuación de aguas".

