

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*NAVE INDUSTRIAL PARA FORMACIÓN  
DUAL DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN  
Y FABRICACIÓN*

*DOCUMENTO 2- MEMORIA*

**Alumno/Alumna:** Tejerina, Porras, Mikel

**Director/Directora:** Marcos, Rodríguez, Iñaki

**Curso:** 2017-2018

**Fecha:** Viernes, 23 de febrero de 2018



# ÍNDICE

2. MEMORIA.....	1
2.1 OBJETO DEL PROYECTO.....	1
2.2 MEMORIA DESCRIPTIVA .....	2
2.2.1 Breve descripción .....	2
2.2.2 Requisitos de diseño.....	3
2.2.3 Análisis de soluciones.....	5
2.2.4 Distribución de la nave.....	5
2.3. MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	11
2.3.1 Construcción de la nave .....	19
2.3.1.1 Cimentación.....	19
2.3.1.2 Estructura de los pórticos .....	21
2.3.1.3 Viga carril.....	22
2.3.1.4 Correas de cubierta .....	23
2.3.1.5 Correas laterales .....	25
2.3.1.6 Junta de dilatación.....	26
2.3.1.7 Forjado de entreplanta.....	28
2.3.1.8 Escaleras.....	29
2.3.1.9 Cerramiento de cubierta .....	31
2.3.1.10 Cerramiento lateral .....	32
2.3.1.11 Arriostramientos .....	34
2.3.1.12 Uniones y empalmes .....	36
2.3.1.13 Solera .....	36
2.3.1.14 Puerta basculante.....	37
2.3.1.15 Puertas de paso .....	37

2.3.1.16 Canalón y bajantes .....	38
2.3.1.17 Alicatados .....	38
2.3.1.18 Pavimento.....	38
2.3.1.19 Pinturas .....	39
2.4 NORMAS Y REFERENCIAS .....	39
2.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	39
2.4.2 Bibliografía.....	44
2.4.2.1 Libros.....	44
2.4.2.2 Páginas web.....	44
2.4.2.3 Prontuarios y catálogos .....	45
2.4.3 Programas de cálculo .....	45
2.4.3.1 Programa CYPE 2016 .....	45
2.4.3.2 Software CESPLA .....	46
2.4.3.3 Software CRANEWAY 8.XX.....	47
2.4.3.4 Software AUTOCAD 2018 .....	47
2.5 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	47
2.6 SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO .....	48
2.6.1 Cálculo.....	53
2.6.2 Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco .....	54
2.6.2.1 Fachadas accesibles .....	54
2.6.2.2 Máxima superficie construida admisible en cada sector de incendio .....	55
2.6.2.3 Materiales .....	55
2.6.2.4 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes.....	57
2.6.2.5 Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento ...	58
2.6.2.6 Ocupación de los establecimientos industriales .....	61
2.6.2.7 Elementos de la evacuación.....	62
2.6.2.8 Compatibilidad de los elementos de evacuación.....	63

2.7 PRESUPUESTO ..... 70

2.8 PLAZO DE EJECUCIÓN..... 72

## **2. MEMORIA**

### **2.1 OBJETO DEL PROYECTO**

El proyecto que se presenta a continuación consiste en el diseño y cálculo de una nave industrial para formación dual de procesos de producción y fabricación, con grúa puente de capacidad 5 Tn. con zona de taller y una entreplanta con vestuarios, comedor y de aulas donde se ubican el aula principal y aulas de ordenadores.

La nave se sitúa en el Polígono industrial Santa Ana de Bolueta, en el municipio de Bilbao, en las inmediaciones del río Nervión y dispondrá de una superficie de 1500m<sup>2</sup>

Se plantea el cálculo y diseño de dicho proyecto por propuesta de posible solución a tener un lugar en el que realizar las actividades de enseñanza teórico-práctica de procesos de producción y fabricación, perfectamente comunicada con línea de tren y metro en sus inmediaciones para su fácil acceso a los alumnos desde cualquier punto de la provincia.



Figura 1. Localización vista mapa



Figura 2. Localización vista satélite

## **2.2 MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **2.2.1 Breve descripción**

Se trata de una obra de edificación de nueva construcción, por lo que se aplica el Código Técnico de la Edificación (CTE), así como cada uno de sus Documentos Básicos, tanto en el proyecto, la construcción, el mantenimiento, como en la conservación del edificio y sus instalaciones.

El objeto del proyecto es la construcción de una nave industrial de estructura metálica con capacidad suficiente como para albergar un centro de docencia de formación dual teórico-práctica de procesos de producción y fabricación. Su capacidad será de 180 alumnos con zona de taller, vestuarios, comedor y sus correspondientes aulas para llevar a cabo las actividades exigidas por los requerimientos de dicha docencia y contar además con la disposición de un puente grúa para facilitar el manejo de material en el interior de la nave.

La nave cuenta con 50 m de longitud, 30 m de anchura, 13.02m de altura hasta la cumbrera. Se puede afirmar que dimensionalmente esta nave cumple las expectativas para las que ha sido proyectada.

La nave estará compuesta por 11 pórticos distanciados 5 metros entre sí con una estructura de cubierta simétrica a dos aguas y 15° de inclinación

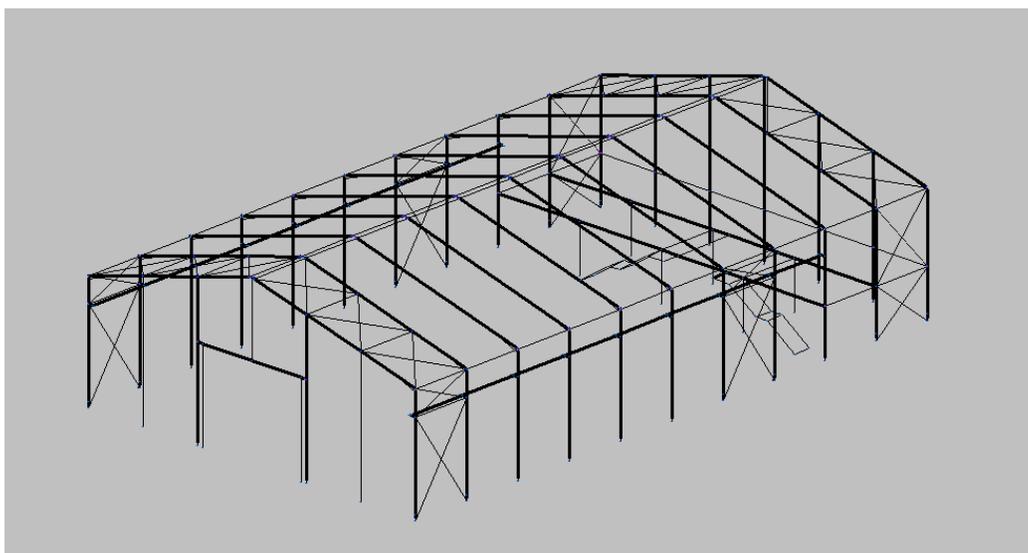


Figura 3. Esquema estructura metálica

### **2.2.2 Requisitos de diseño**

Con el fin de determinar los parámetros geotécnicos del terreno se ha efectuado una campaña de reconocimiento consistente en un sondeo a rotación con extracción continua de testigo, toma de muestras inalteradas y colocación de un tubo piezométrico con el fin de determinar la cota del nivel freático. Se ha realizado un informe geotécnico de este terreno que ha servido como referencia para el estudio de la cimentación.

Del informe geotécnico se deduce que es un terreno sin cohesión, con un predominio de grava y gravillas en torno a un 65%. Este tipo de terreno se encuentra a una profundidad bastante uniforme respecto a la urbanización y que no existen variedades significativas en toda la parcela. Para la ejecución del proyecto se han tenido en cuenta, tanto el informe geotécnico como la experiencia en las parcelas colindantes de una zona industrial amplia.

La presión admisible sobre el terreno, bajo cargas, depende principalmente de la propia naturaleza del terreno y de la profundidad y anchura del cimiento, en nuestro caso la tensión que será capaz de soportar el terreno será 0,3 mPa.

Ultimas consideraciones: En función del sondeo realizado, se trata de un terreno gravera que se clasifica como suelo sin cohesión. En función de estos datos se ha dimensionado una estructura cimentada directamente sobre terreno a una profundidad de 500 mm desde la cota 0.0 de solera, por lo que la altura de los perfiles de los pilares de la estructura metálica de la nave aumentará 0,5 m, por lo tanto tendrá 13,52 m de alto (de los cuales 0,5 m irá enterrado).

Una vez realizadas algunas catas del terreno mediante retroexcavadora, se ha optado por diseñar la cimentación de la nave a base de zapatas aisladas unidas mediante vigas de atado para evitar los desplazamientos.

Por requerimiento del uso al que va a estar destinado la nave, se instalará un puente grúa en la nave, por lo que debido a las cargas que transmite este puente grúa, la nave se construirá mediante estructura de acero. Los cerramientos tanto de fachada como de cubierta se realizarán mediante panel tipo sándwich.

### **2.2.3 Análisis de soluciones**

Tal y como se ha visto en el apartado anterior, la nave se construirá mediante estructura de acero debido a la instalación del puente grúa, ya que el acero absorbe de manera óptima los movimientos. La estructura primaria, la constituyen pórticos formados por marcos rígidos de acero S 275 compuestos de vigas y pilares. Los distintos tramos del pórtico se sueldan en taller, ensamblando en el montaje los distintos componentes mediante tortillería calibrada de alta resistencia.

Los pórticos, se unirán a las cimentaciones mediante pernos de anclaje embebidos en las zapatas. La estructura secundaria se compone de correas a base de perfiles en IPE 180. Las correas se laminan en caliente y a partir de acero galvanizado. En los apoyos de los pórticos se produce un solape de dichas correas, lo que hace que trabajen como vigas continuas.

Se han previsto arrostramientos formados por tirantes de acero de sección redonda en las vigas a contraviento de los pórticos de ambos hastiales y entramado lateral en forma de cruz de San Andrés con objeto de absorber los esfuerzos horizontales del viento y el puente grúa.

El cerramiento será tipo sándwich formado por chapa exterior, aislamiento interior y chapa interior, cuyo espesor nominal del conjunto son 40mm el de cubierta y 30mm el de los laterales y hastiales.

### **2.2.4 Distribución de la nave**

A continuación, se muestra cómo quedará la nave distribuida en su interior con vistas de ambos pisos de la entreplanta.



En la nueva nave se pretenden instalar los equipos necesarios para poder desarrollar las actividades prácticas y teóricas de la actividad anteriormente mencionada:

- Dos tornos : Los tornos son un conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar, roscar, cortar, trapeciar, agujerear, cilindrar, desbastar y ranurar piezas de forma geométrica por revolución. Estas máquinas-herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o también llamado chuck fijada entre los puntos de centraje) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas.



Figura 5. Torno

- Dos centros de mecanizado: Un centro de mecanizado es una máquina altamente automatizada capaz de realizar múltiples operaciones de maquinado en una instalación bajo CNC (control numérico computarizado) con la mínima intervención humana. Las operaciones típicas son aquellas que usan herramientas de corte rotatorio como cortadores y brocas. Este sistema de mecanizado destaca por su velocidad de producción como ventaja y los altos costos como desventaja.



Figura 6. Centro de mecanizado

- Zona de rebabado: zona para eliminar la rebaba generada en las piezas después de pasar por las máquinas de mecanizado. El acabado puede ser mediante robot o un acabado manual.
- Tridimensional: Una máquina de medición por coordenadas, máquina de medición tridimensional o CMM (del inglés Coordinate-measuring machine) es un instrumento de medición directa que utilizan un puntero o “palpador” físico con el que el operador puede ir tocando el objeto y enviando coordenadas a un fichero de dibujo.



Figura 7. CCM

- Rectificadora: La rectificadora es una máquina herramienta, utilizada para realizar mecanizados por abrasión, con mayor precisión dimensional y menores rugosidades que en el mecanizado por arranque de viruta.



Figura 8. Rectificadora

- Cabina de soldadura: Con robot de soldadura y soldadura manual



Figura 9. Rectificadora

- Shot peening: El shot peening, es un tratamiento superficial mecánico realizado en frío. Consiste en golpear la superficie de una pieza metálica con un haz de granalla proyectado de una forma controlada, a alta velocidad (40 - 100 m/s) para lograr un mejor acabado superficial.



Figura 10. Shot peening

- Zona de verificación: cabina para inspección visual final de las piezas y dar el visto bueno de las mismas.
- Salas de ordenadores: dotada de equipos con programas de CAD, CNC y demás programas necesarios para impartir la formación.
- Contenedor para almacenar la viruta producida por los mecanizados para posteriormente proceder a su reciclaje.

### **2.3. MEMORIA CONSTRUCTIVA**

La construcción de este edificio seguirá los siguientes pasos:

#### 1º: Reconocimiento del terreno

Se realizará un pozo de reconocimiento cada 1000 m<sup>2</sup> de planta, con una profundidad máxima de tres metros bajo la superficie de cimentación. Una prueba de carga por pozo sobre placa circular de 50 cm de diámetro. Si no fuesen suficientes estos datos, la Dirección Facultativa podrá ordenar al Constructor, estando éste obligado, a hacer cuantas calicatas y sondeos se estimen necesarios.

#### 2º: Explanación

La explanación consiste en el conjunto de operaciones para excavar, evacuar, rellenar y nivelar el terreno, así como las zonas de préstamos que puedan necesitarse, y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en los planos.

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, que no se hubiera extraído en el desbroce, se aceptará para su utilización posterior en protección de superficies erosionables. En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación, excepto la tierra vegetal, se podrán utilizar en la formación de rellenos y demás usos fijados en este pliego y

se transportarán directamente a las zonas previstas dentro del solar, o vertedero, si no tuvieran aplicación dentro de la obra. De cualquier manera, no se desechará ningún material excavado sin previa autorización.

Durante las diversas etapas de la construcción de la explanación, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje. El material excavado no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

Las operaciones de desbroce y limpieza se efectuarán con las precauciones necesarias, para evitar daño a las construcciones colindantes y existentes. Todos los tocones y raíces mayores de 10 cm de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a 50 cm por debajo de la rasante de excavación y no menor de 15 cm por debajo de la superficie natural del terreno. Todos los huecos causados por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al existente, compactándose hasta que su superficie se ajuste al nivel pedido.

No existe obligación por parte del constructor de trocear la madera a longitudes inferiores a 3 m. La ejecución de estos trabajos se realizará produciendo las menores molestias posibles a las zonas habitadas próximas al terreno desbrozado.

La excavación de la explanación se abonará por m<sup>3</sup> realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de concluidos. La medición se hará sobre los perfiles obtenidos.

3º: Excavaciones, zanjas y pozos.

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir emplazamiento adecuado para las obras de fábrica y estructuras, y sus

cimentaciones; comprenden zanjas de drenaje u otras análogas. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en que aparezca el firme y obtenerse una superficie limpia y firme, a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, la Dirección Facultativa podrá modificar la profundidad, si a la vista de las condiciones del terreno lo estimara necesario, a fin de conseguir una cimentación satisfactoria.

El replanteo se realizará de tal forma que existirán puntos fijos de referencia, tanto de cotas como de nivel, siempre fuera del área de excavación. Se llevará en obra un control detallado de las mediciones de la excavación de las zanjas. El comienzo de la excavación de zanjas se realizará cuando existan todos los elementos necesarios para su excavación, incluida la madera para una posible entibación.

El fondo de la zanja deberá quedar libre de tierra, fragmentos de roca, roca alterada, capas de terreno inadecuado o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia. Se limpiarán las grietas y hendiduras, rellenándose con material compactado u hormigón.

Los productos resultantes de la excavación de las zanjas, que sean aprovechables para un relleno posterior, se podrán depositar en montones situados a un solo lado de la zanja, y a una separación del borde de la misma de 0,60 m como mínimo, dejando libres caminos, aceras, cunetas, acequias y demás pasos y servicios existentes.

La excavación de cimientos se profundizará hasta el límite indicado en el proyecto. Las corrientes o aguas pluviales o subterráneas que pudieran presentarse, se cegarán o desviarán empleando los medios convenientes. Antes

de proceder al vertido del hormigón y la colocación de las armaduras de cimentación, se dispondrá de una capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor debidamente nivelada.

El importe de esta capa de hormigón se considera incluido en los precios unitarios de cimentación. La excavación en zanjas o pozos se abonará por m<sup>3</sup> realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de finalizados los mismos.

4º: Relleno y apisonado de zanjas y pozos.

Consiste en la extensión o compactación de materiales terrosos, procedentes de excavaciones anteriores o préstamos para relleno de zanjas y pozos.

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga en todo el mismo grado de compactación exigido. La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del 2%. Una vez extendida la tongada, se procederá a la humectación si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan de los ensayos realizados. En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas procediendo incluso a la desecación por oreo, o por adición de mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas (cal viva, etc.). Conseguida la humectación más conveniente, posteriormente se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Si el relleno tuviera que realizarse sobre terreno natural, se realizará en primer lugar el desbroce y limpieza del terreno, se seguirá con la excavación y extracción

de material inadecuado en la profundidad requerida por el proyecto, escarificándose posteriormente el terreno para conseguir la debida trabazón entre el relleno y el terreno. Cuando el relleno se asiente sobre un terreno que tiene presencia de aguas superficiales o subterráneas, se desviarán las primeras y se captarán y conducirán las segundas, antes de comenzar la ejecución. Si los terrenos fueran inestables, apareciera turba o arcillas blandas, se asegurará la eliminación de este material o su consolidación.

#### 5º: Cimentación

Toda la cimentación se realiza con hormigón HA-30, que será vertido previa eliminación de todo tipo de obstáculos que se encuentren dentro de los límites de la excavación así como de todo tipo de elementos contaminadores de la zona y previa colocación de las armaduras sobre una solera de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor. Se construirán las zapatas y las vigas de atado que unen estas entre sí. La viga de atado perimetral, se sobredimensionará en anchura para dar soporte a un muro de hormigón armado para realizar el remate del panel de cerramiento de los laterales adecuadamente.

A continuación, se indican las recomendaciones constructivas que pueden resultar de utilidad para el cálculo de las zapatas:

- Bajo la zapata deben disponerse 10 cm de hormigón de limpieza y las armaduras deben apoyarse sobre separadores. La excavación de los 20-25 cm inferiores de terreno no debe llevarse a cabo hasta momentos inmediatamente anteriores a verter el hormigón de limpieza para impedir el acceso a todo tipo de elementos contaminantes a la zona de cimentación.
- Salvo grandes zapatas en las que no es de gran relevancia, es muy conveniente disponer de canto constante.

En las zapatas se dejarán embebidos los pernos para la colocación de las placas base para los pilares metálicos.

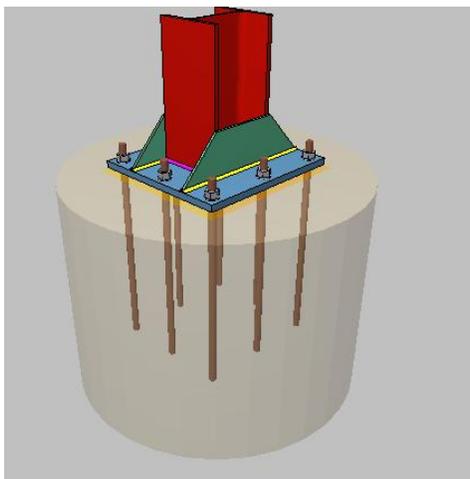


Figura 11. Pernos en zapatas

Tras colocar los pilares metálicos, se realizará un muro de hormigón alrededor de ellos a lo largo de todo el perímetro de la nave (salvo puertas) de 0,685 metros de altura, el cual quedará enterrado una profundidad de 0,530 metros y sobresaldrá 0,155 metros al exterior.

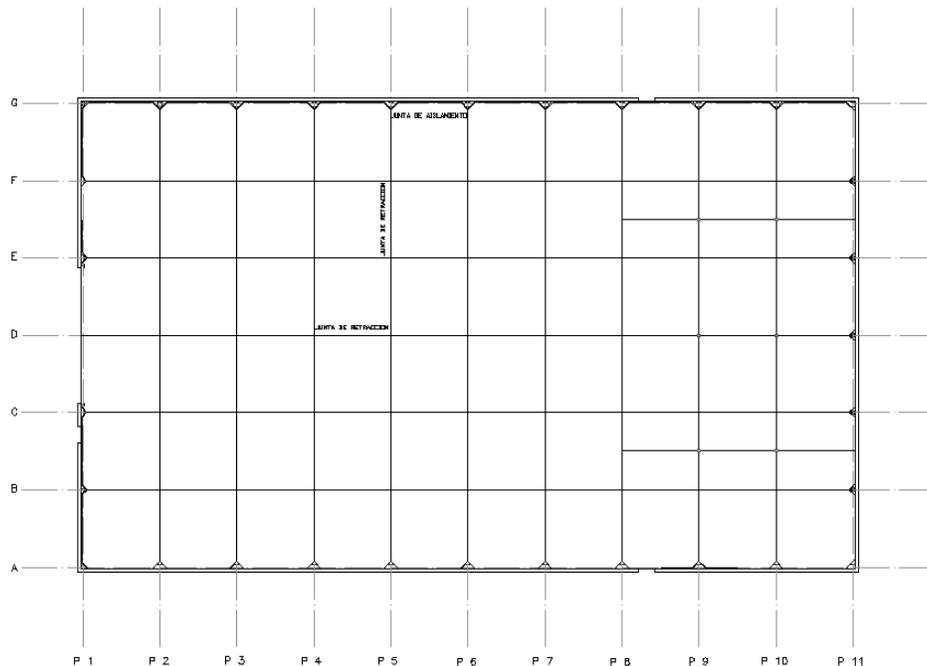
La cimentación quedará enterrada a medio metro de profundidad lo que le dará más estabilidad a la nave.

#### 6º: Red de saneamiento

Se construirán cinco tamaños distintos de arquetas previstas para la evacuación de aguas pluviales y un tipo de arquetas para la evacuación de aguas fecales. Todas las arquetas serán sifónicas de ladrillo. Se colocarán los conductos de que componen la red de saneamiento. Los cuales serán de PVC los conductos enterrados y de chapa galvanizada los visibles (canalón y bajantes).

**7º: Solera**

Se nivelará el solar a base de compactación de todo uno mediante medios mecánicos. Se colocaran la lámina de polietileno y el mallazo de reparto y se procederá a su hormigonado, se realizarán las juntas de contracción.



**Figura 12. Solera**

**8º: Montaje estructura principal**

La estructura principal viene de fábrica preparada para que su montaje en obra se realice mediante tornillería, realizándolo pórtico a pórtico. Las uniones que según el plano requieran soldadura se realizarán en obra.

Una vez montada la estructura principal, se procede a colocar las Cruces de San Andrés y las vigas de atado que unen las cabezas de los paires.

Posteriormente se colocarán las correas tanto de cubierta como de fachada y los perfiles de las puertas. Posteriormente, se colocará la viga carril del puente grúa y el puente grúa.

9º: Entreplanta y escaleras:

Se procederá a montar la estructura metálica de la entreplanta y escaleras y su posterior colocación de forjado y recubrimiento de hormigón con su correspondiente armadura de negativos y mallazo.

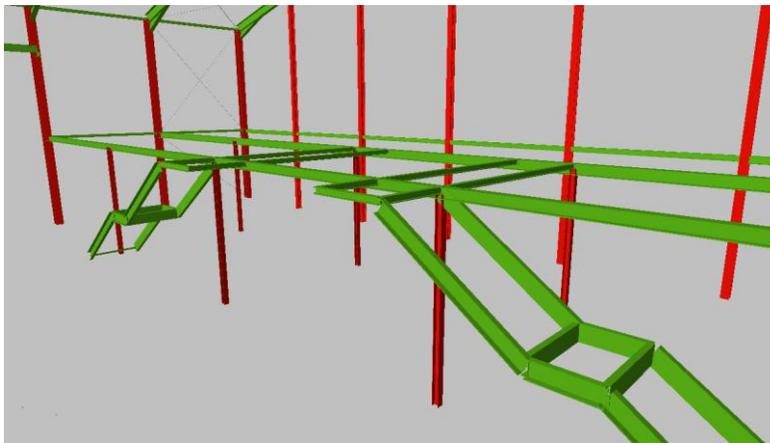


Figura 13. Estructura metálica entreplanta y escaleras

10º: Acabados

Se realizarán los alicatados de los vestuarios y aseos, colocación de paredes, de taquillas, puertas interiores, barandillas...

11º: Instalaciones

Se procederá a la colocación de todos los conductos necesarios para las instalaciones previstas en el edificio. Con todos los conductos y tomas de corriente ya instalados, se colocaran los urinarios, lavabos...

## 12º: Distribución en planta

Se procederá a la colocación de toda la maquinaria mencionada anteriormente, al igual que el mobiliario como sillas, mesas, máquinas expendedoras, ordenadores etc.

### 2.3.1 Construcción de la nave

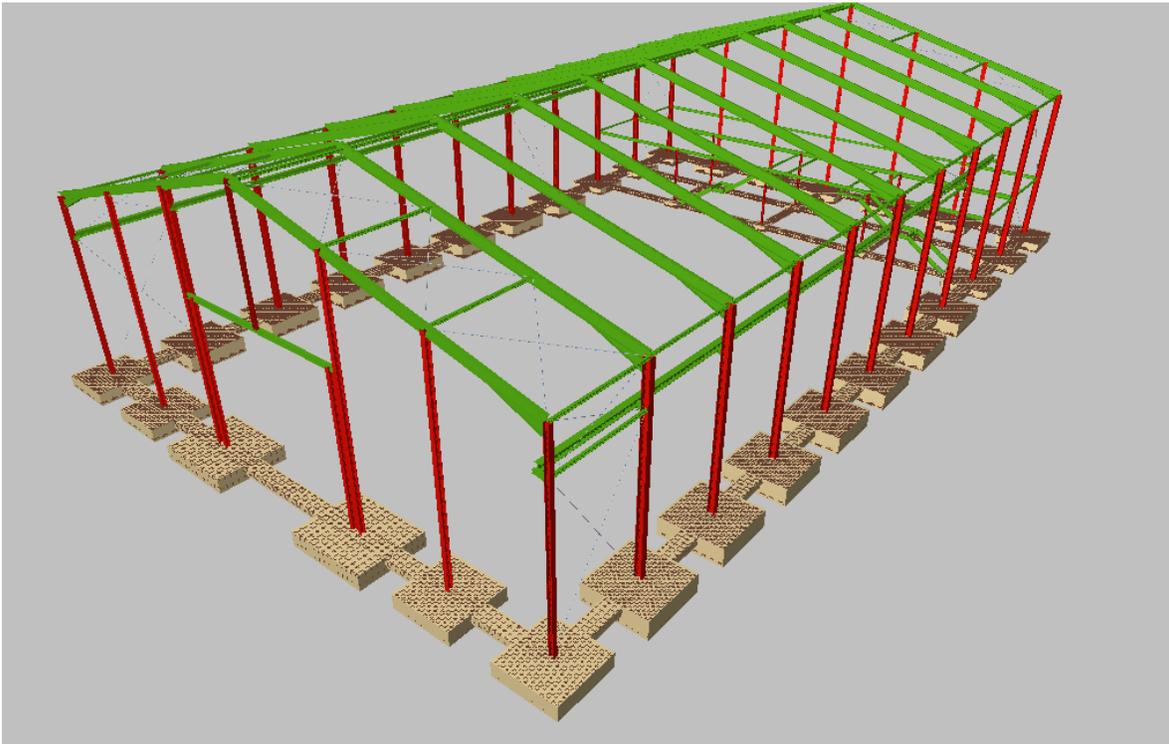


Figura 14. Estructura de la nave 3D

#### 2.3.1.1 Cimentación

Está basada en seis tipos distintos de zapatas aisladas y dos tipos de vigas de atado. Se construirán con hormigón armado de 30 Mpa. (HA-30) con una capa de 10 cm hormigón de limpieza (HM-10) para la limpieza y nivelado de los fondos de toda la cimentación. El acero para las armaduras será un acero corrugado B 500 S.

En las zapatas irán embebidos pernos de anclaje para los pilares metálicos. Existen 6 tipos diferentes de zapatas las cuales se describen minuciosamente en el apartado de “planos”, así como los diferentes tipos de vigas de atado y placas de anclaje.

Se ha sobredimensionado en anchura la viga de atado perimetral para dar soporte a un pequeño muro de hormigón armado que abarcará todo el perímetro excepto las zonas de puertas para facilitar el remate de los cerramientos de los paramentos verticales.

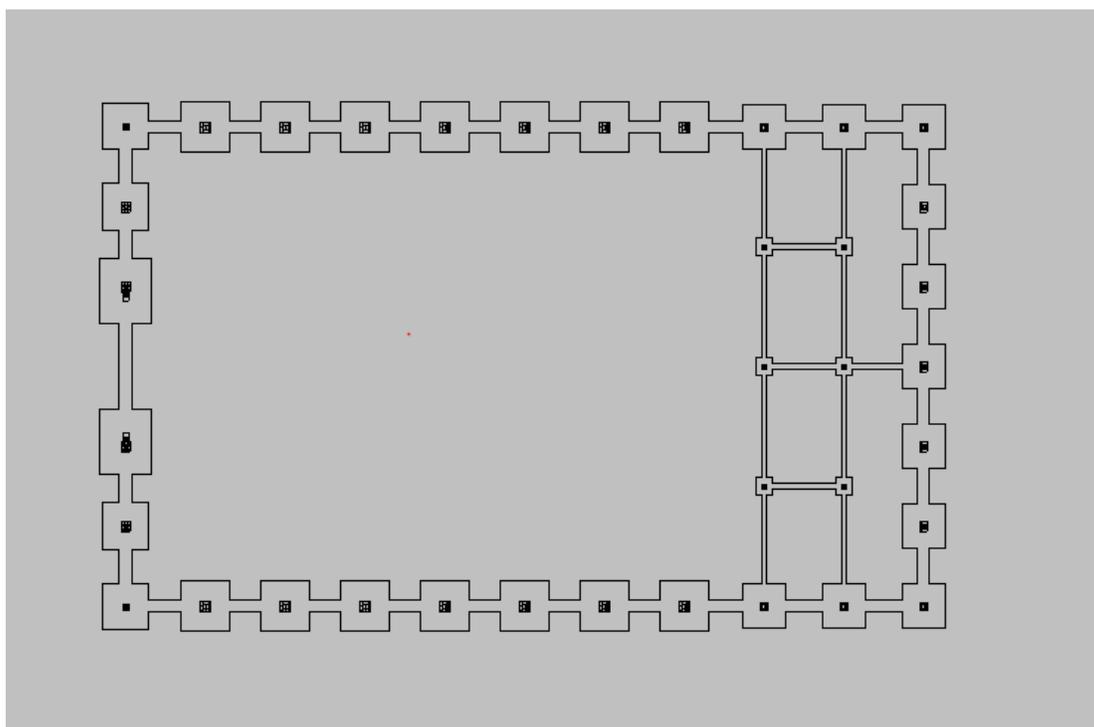


Figura 15. Cimentación

### **2.3.1.2 Estructura de los pórticos**

La estructura de la nave, está formada por 11 pórticos con 30 metros de luz cada uno, con pilares metálicos de acero para todos los pilares de los pórticos, la distancia entre pórticos es constante a lo largo de toda la longitud de la nave, 5 metros lo que nos da una longitud total de 50 metros. A su vez, la estructura que componen las vigas está compuesta por perfiles de acero IPE 450 para todas las centrales e IPE 400 para las vigas hastiales.

Los pórticos disponen de unos pilarillos formados por perfiles metálicos HEB 220 de los que su función principalmente es de cerrar la nave y no soportar cargas, excepto las de viento en su dirección longitudinal a la nave. Para los pilares se utilizarán HEB 320 en los centrales y HEB 220 para el hastial norte de la puerta basculante. El acero utilizado para la estructura es un acero S 275 JR.

En el documento de planos se podrá observar con detalle cada uno de los pórticos que forman la nave.

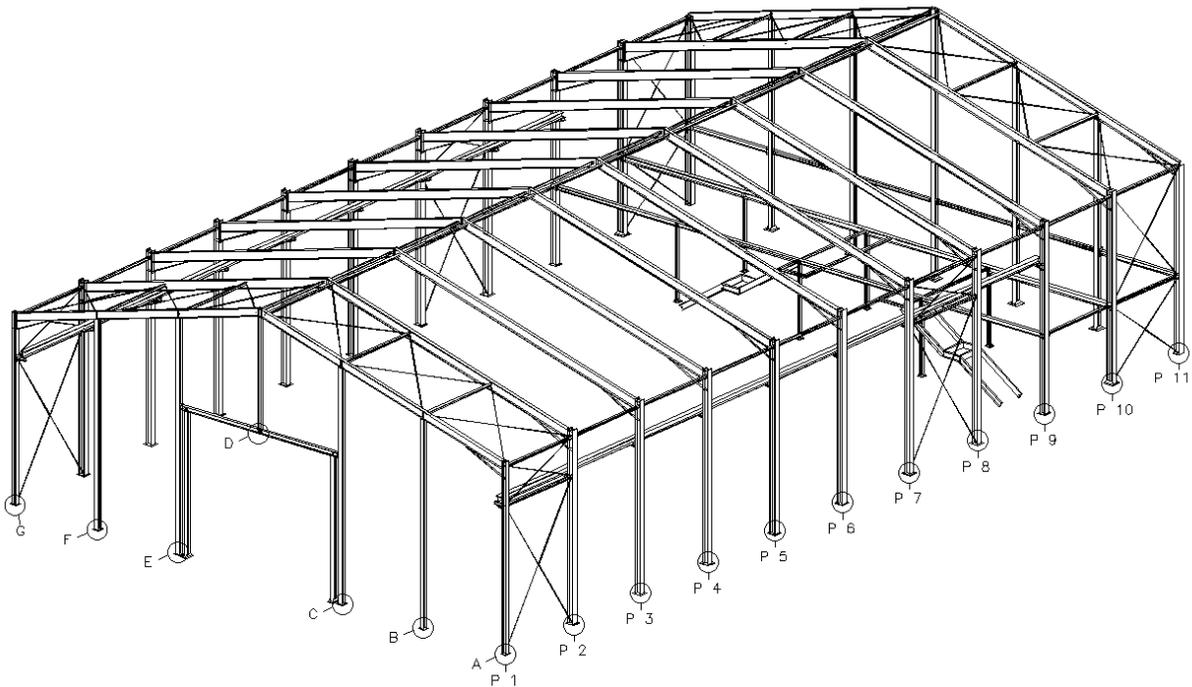


Figura 16. Estructura metálica 3D

### **2.3.1.3 Viga carril**

El cálculo de la viga se ha realizado mediante el programa CRANEWAY, programa que calcula vigas carril para grúas puente y grúas puente suspendidas según EN 1993-6.

Las funciones del programa son las siguientes:

- Análisis de tensiones para puentes grúa y soldaduras
- Análisis a fatiga para puentes grúa y soldaduras
- Análisis de deformaciones
- Cálculo de abolladura para la introducción de cargas en ruedas
- Análisis de estabilidad para pandeo lateral según la teoría de pandeo lateral de 2º orden (MEF de elemento 1D).

Dicho programa realiza el Cálculo de vigas carril para puentes grúa según las normas EN 1993-6, DIN 4132 y DIN 18800.

El perfil seleccionado para la viga carril ha sido: HEB 280, con carril SA-75 (gastadas). Se colocarán rigidizadores a lo largo de la viga, cada 2,5m para evitar así la abolladura del alma.

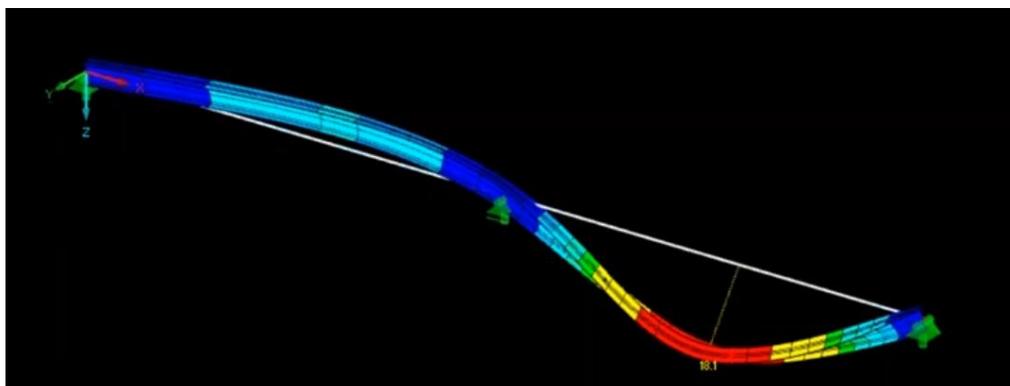


Figura 17. Deformaciones en viga carril

#### **2.3.1.4 Correas de cubierta**

El cálculo de las correas se ha realizado mediante el programa “Generador de Pórticos” de CYPE.

La organización más económica de las correas es como vigas continuas apoyadas sobre 10 vanos, pues de esta forma las flechas producidas por las cargas son mucho menores dado que se trata de una disposición más rígida, también lo son los momentos flectores que solicitan a la viga resultando secciones de menores dimensiones y también lo es la elaboración de las vigas. Como contrapartida exige un especial cuidado para que todos los apoyos estén situados a la misma altura.

Por lo tanto, se ha tenido en cuenta la distinta dimensión de los perfiles con su correspondiente alineación de las alas del exterior de la nave de los mismos, para que de esta manera las correas apoyen directamente sobre los perfiles estructurales.

Para la cubierta inclinada se adoptará una distancia entre correas de 2 m. Se calculará para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia y para que no se supere la flecha máxima admisible, tomándose para este valor  $L/300$  siendo “L” la distancia entre apoyos en nuestro caso L es 5000mm.

Al disponerse de correas como vigas continuas deben efectuarse empalmes debido a que la longitud de los perfiles laminados es reducida. Estos empalmes se realizarán mediante conectores.

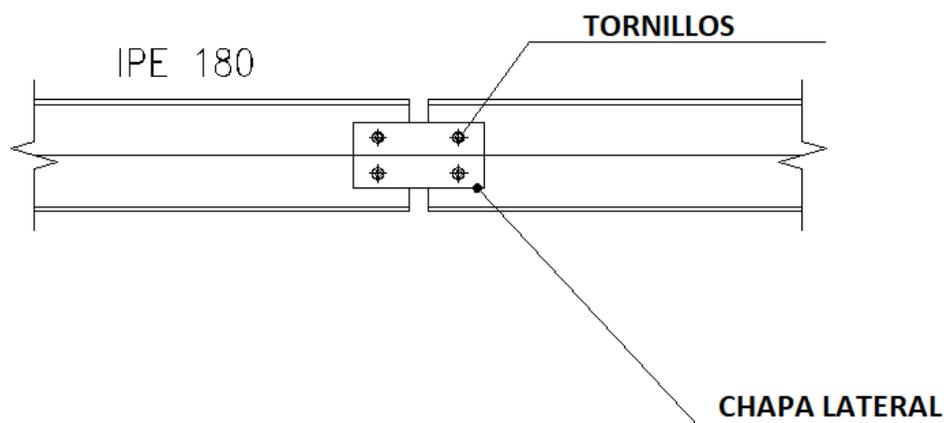


Figura 18. Unión entre correas

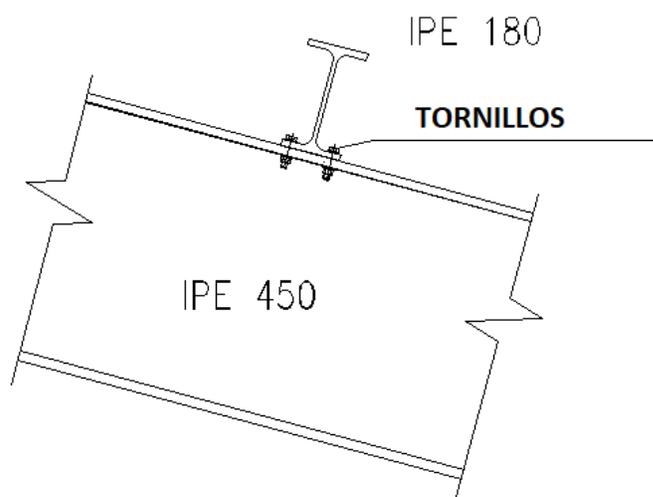


Figura 19. Unión entre correa-viga

Como los vanos son de 5 m, se dispondrán de juntas cada dos vanos de manera que se trabaje con vigas de 10-11 metros perfectamente manejables. Contaremos con correas de perfil IPE 180.

Las correas de cubierta de la nave irán unidas a las vigas IPE 400 e IPE 450 mediante tornillería metálica calibrada y entre ellas por medio de chapas laterales como la mostrada en la ilustración anterior.

### **2.3.1.5 Correas laterales**

Las correas laterales tendrán una separación inferior a las correas de la cubierta. Esta distancia será de 1,5 m, tal y como nos lo recomienda el fabricante después de realizar el cálculo de las cargas que van a soportar los paneles laterales.

La organización más económica de las correas es como vigas continuas apoyadas sobre 10 vanos, para el cerramiento lateral; para el cerramiento frontal de correas apoyadas sobre de 6 vanos. Pues de esta forma las flechas producidas por las cargas son menores dado que se trata de una disposición más rígida, también lo son los momentos flectores que solicitan a la viga resultando secciones de menores dimensiones y también lo es la elaboración de las vigas.

Se calcularán para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia y para que no se supere la flecha máxima admisible, tomándose para este valor  $L/300$  siendo "L" la distancia entre apoyos, en nuestro caso L será 5000 mm. Contaremos con correas de perfil IPE 180.

Las correas de fachada irán unidas a los pilares HEB 320 y HEB 220 mediante tornillería metálica calibrada, directamente a la estructura habiendo tenido en cuenta la distinta dimensión de los perfiles con su correspondiente alineación de las alas del exterior de la nave de los mismos, para que de esta manera las correas apoyen directamente sobre los perfiles estructurales. Se tendrá en cuenta el hueco de las puertas a la hora de poner las correas.

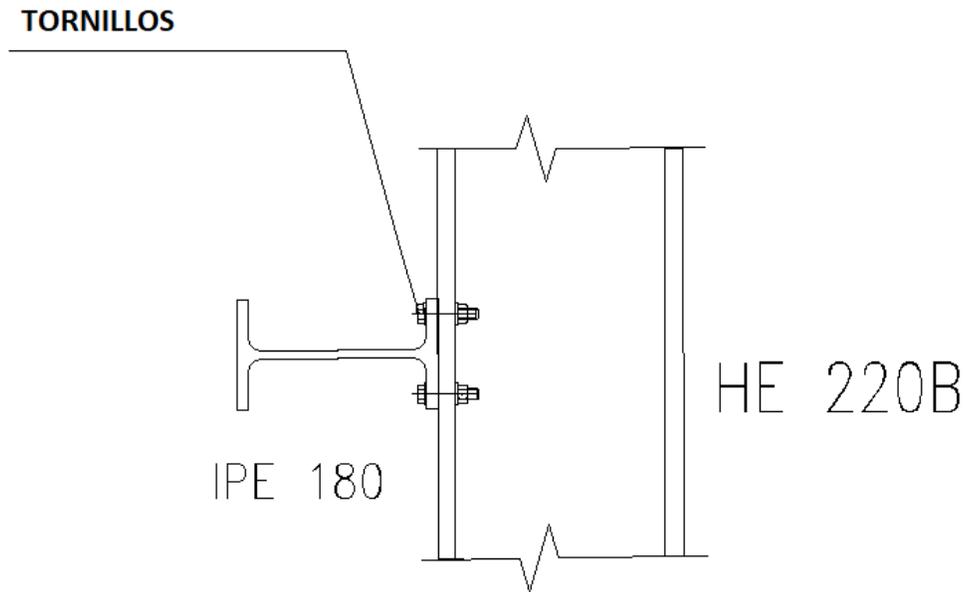


Figura 20. Unión entre correa-pilar

En los pilarillos HEB 220 de los hastiales se ha utilizado este mismo sistema para la disposición de correas teniendo en cuenta los huecos de la puerta basculante y la de emergencia del hastial norte.

### **2.3.1.6 Junta de dilatación**

El CTE prohíbe la existencia de elementos longitudinales continuos de más de 40 metros de longitud si se quieren despreciar los esfuerzos producidos por las variaciones térmicas. El edificio proyectado cuenta con 50 m de longitud por lo que, deberá optarse por considerar los esfuerzos térmicos o por realizar una junta en el pórtico intermedio del edificio.

En caso de optar por la opción de realizar una junta de dilatación, se realizará en todos los elementos estructurales longitudinales de la nave, es decir, correas, vigas de atado, debiendo coincidir todas en el mismo pórtico. Dichas juntas

pueden ser resueltas de varias formas: duplicando pórticos, mediante ménsula, agujeros rasgados, etc. Siendo la primera opción, la menos económica ya que conllevaría la construcción de un pórtico adicional.

La solución que se ha escogido es por realizar una junta de dilatación en el pórtico número 9, a los 40 metros de la nave tal y como se muestra en la imagen a continuación. En el pórtico en el que empieza la entreplanta con las uniones de las vigas de atado y correas que llegan a él, las chapas laterales de unión entre elementos dispondrán de agujeros rasgados para que se permita el movimiento relativo entre elementos.

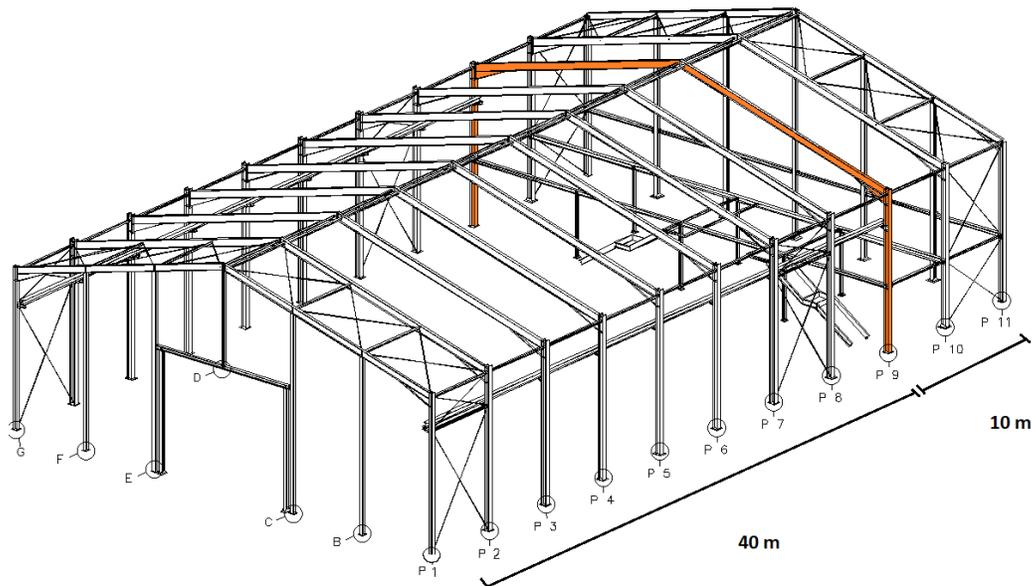


Figura 21. Junta de dilatación

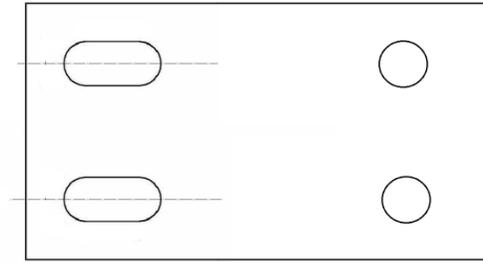


Figura 22. Chapa lateral con agujeros rasgados

### **2.3.1.7 Forjado de entreplanta**

Los forjados dividen el espacio vertical en sub-espacios, generando diversos planos de utilización dentro del edificio. Se trata de los elementos estructurales que reciben directamente las cargas y las transmiten a los esfuerzos a los elementos metálicos. Deben ser capaces de resistir las cargas correspondientes a su uso sin presentar deformaciones ni vibraciones excesivas. Según la forma de transmitir las cargas existen varios tipos de forjados entre los que se diferencian los forjados unidireccionales y los bidireccionales.

- Forjado unidireccional: Se trata de los forjados que flectan principalmente en una dirección y que deben apoyar sobre elementos lineales, tales como correas, muros de carga, etc. También pueden presentar una pequeña flexión transversal, que será mucho menor que la flexión principal y en numerosas ocasiones podrá ser despreciada.
- Forjado bidireccional: Se trata de forjados que flectan en dos direcciones, por lo que pueden apoyar sobre elementos lineales o puntuales, tales como pilares, que no tienen por qué estar dispuestos de forma ordenada.

Dada las características de la estructura de la nave se optará por un forjado unidireccional, que apoyará sobre una estructura de entreplanta compuesta por vigas, en las que se utilizarán perfiles laminados en acero S275 JR en concreto

vigas HEB 200, 260, 160 y 120 con su correspondiente alineación del ala superior para garantizar la planitud en el apoyo del forjado, que transmitirán las solicitaciones a los pilares, que a su vez las transmitirán a la cimentación.

Dentro de los forjados unidireccionales existen diferentes tipos de soluciones: forjados de chapa colaborante, forjados de losas alveolares o macizas, forjados de bovedillas o viguetas, etc. La elección de una u otra solución se realizará en base a los parámetros y consideraciones constructivas pertinentes.

Se ha escogido como solución la losa alveolar del fabricante viguetas navarras con un espesor de 15 cm de losa + 5 cm de recubrimiento vertido en obra con su correspondiente mallazo de reparto #200.8 B500T y armadura de negativos en el apoyo central y extremos para garantizar su comportamiento como una viga continua.

PLACA ALVEOLAR TIPO PA - 15



Figura 22. Placa alveolar

El forjado unidireccional dispondrá de 3 apoyos y 2 vanos de 5 metros, que coincide con los 3 últimos pórticos de la nave, lo cual da una superficie de 300m<sup>2</sup>.

### **2.3.1.8 Escaleras**

Las dos escaleras que unen la planta baja con la primera planta de la zona aulas son de estructura metálica. Se trata de dos escaleras iguales en voladizo, con un descansillo intermedio de 1 m, que salva una altura de 3,43 m entre el forjado y la solera.

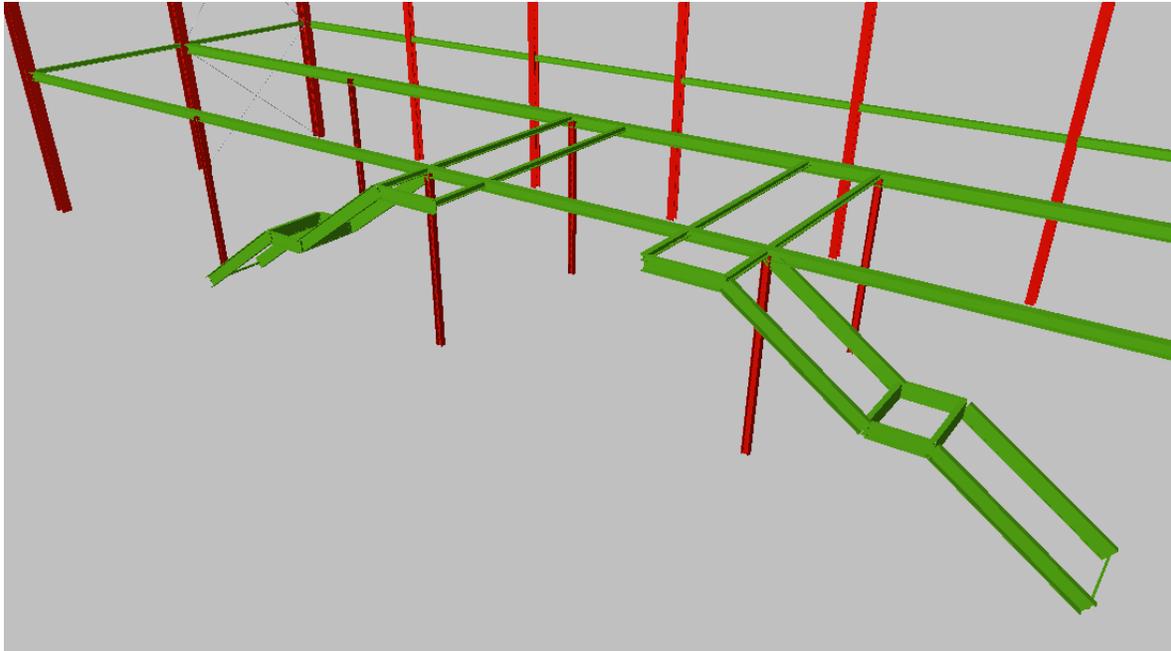


Figura 23. Estructura escaleras

Las zancas de la escalera están formadas por perfiles laminados UPN 280 soldados a tope, las mesetas superiores y elementos que se unen al pórtico siguiente para evitar el fallo por torsión de la viga son HEB 120. Las zancas, se unen a la solera mediante placas de anclaje de 15 mm de espesor y tornillos SPIT para el hormigón.

El piso de las escaleras es de chapa lagrimada de 5 mm de espesor el cual irá soldado a los perfiles UPN, 18 peldaños con una huella de 29,4 cm y una contrahuella de 19,05 cm. Las barandillas instaladas son de acero inoxidable AISI 304 con acabado 2B (pulido espejo).

La escalera y todos sus elementos cumplen con la normativa vigente, respecto a dimensiones, huecos entre barrotes, relación huella/contrahuella, etc.

### **2.3.1.9 Cerramiento de cubierta**

A la hora de seleccionar el panel de la cubierta se ha elegido el “Panel Nervado 1.150” del catálogo “Arclad by ArcelorMittal”. Tiene un elemento aislante que se utiliza como recubrimiento en cubiertas y fachadas. Se compone de dos parámetros metálicos con un núcleo de espuma de poliuretano y de tapajuntas. El tapajuntas tiene por objeto garantizar la estanqueidad y permite no tener en cuenta los vientos dominantes a la hora del montaje.

La concepción de este tipo de paneles ofrece algunas ventajas como eliminar el puente térmico en los puntos de fijación, no existe riesgo de goteras en sus fijaciones, al estar ocultas por el tapajuntas. Este panel además presenta unos valores en cuanto al aislamiento acústico para evitar excesivas molestias en situaciones de lluvia, granizo o nieve.



Figura 24. Panel cubierta

Se ha elegido un espesor del panel de 40 mm ya que el aislamiento térmico que refleja con dicho espesor se ha considerado apropiado para esta nave. De modo que las características técnicas de este espesor son:

Espesor nominal (mm.) E	Peso Kg/m <sup>2</sup> P	Volumen Empaquetado m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
30	10,0	22
40	10,5	18
50	11,0	15
60, 70, 80, 100 y 120*	Bajo consulta	* Solo Artol

Figura 25.Espesor y peso propio panel cubierta

Tras calcular el dato de la carga que tiene que soportar el panel 191,2 Kg/m<sup>2</sup> en cubierta habrá una distancia entre apoyos de 2 m.

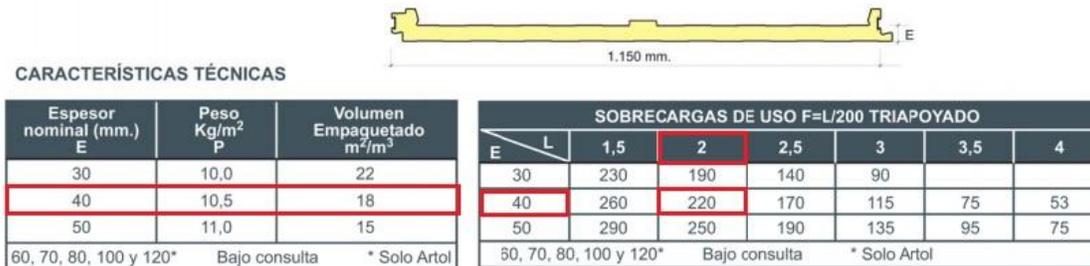


Figura 26.Resistencia panel cubierta

### 2.3.1.10 Cerramiento lateral

Para la selección del panel se ha optado por un panel de fachada con fijación vista, “MEC” del catálogo “Italpanelli”. Tiene un elemento aislante compuesto de poliuretano y las caras interiores y exteriores son chapas de acero precaladas. Se ha elegido un espesor del panel de 30mm y el ancho útil es de 1 metro, de forma que se adecúa perfectamente a nuestras necesidades en cuanto a la disposición de las láminas de los paneles.



Figura 27. Panel lateral

Se ha elegido un espesor del panel de 30 mm ya que el aislamiento térmico que refleja con dicho espesor se ha considerado apropiado para esta nave. De modo que las características técnicas de este espesor son:

Espesor del panel (mm)	Espesor Nominal		Peso panel (kg/m <sup>2</sup> )
	Soporte exterior acero (mm)	Soporte interior acero (mm)	
30	0,40	0,40	7,0
	0,50	0,50	8,7

Figura 28. Peso propio panel lateral

Tras calcular el dato de la carga que tiene que soportar el panel 183,9 Kg/m<sup>2</sup> en los laterales habrá una distancia entre apoyos de 1,5 m.

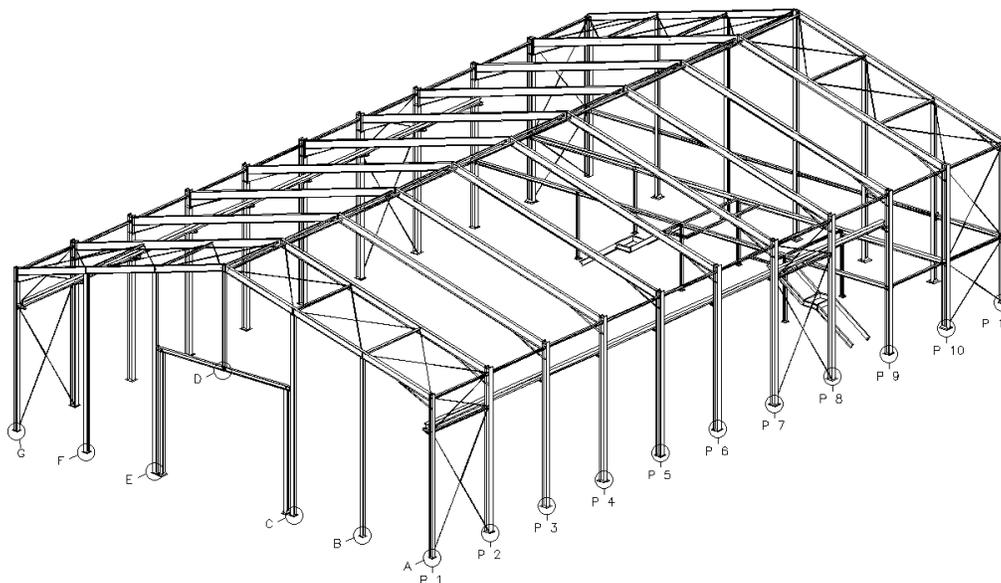
**ESQUEMA ESTÁTICO - Distancia entre apoyos: c**

Espesor del panel (mm)	Espesor Nominal		Peso panel (kg/m <sup>2</sup> )	Distancia eficaz apoyo: 100 m									
	SopORTE exterior acero (mm)	SopORTE interior acero (mm)		150	175	200	225	250	275	300	325	350	
30	0,40	0,40	7,0	195	140	110	85	70	55				
	0,50	0,50	8,7	210	180	155	125	100	80	65	55		
40	0,40	0,40	7,4	260	190	145	15	90	75	65	55		
	0,50	0,50	9,1	270	235	205	170	140	115	95	80	70	
50	0,40	0,40	7,8	320	235	180	140	115	95	80	65	55	
	0,50	0,50	9,5	330	280	245	210	170	140	120	100	85	
60	0,40	0,40	8,2	375	275	210	165	135	110	90	80	65	
	0,50	0,50	9,9	320	280	250	200	165	140	120	100		

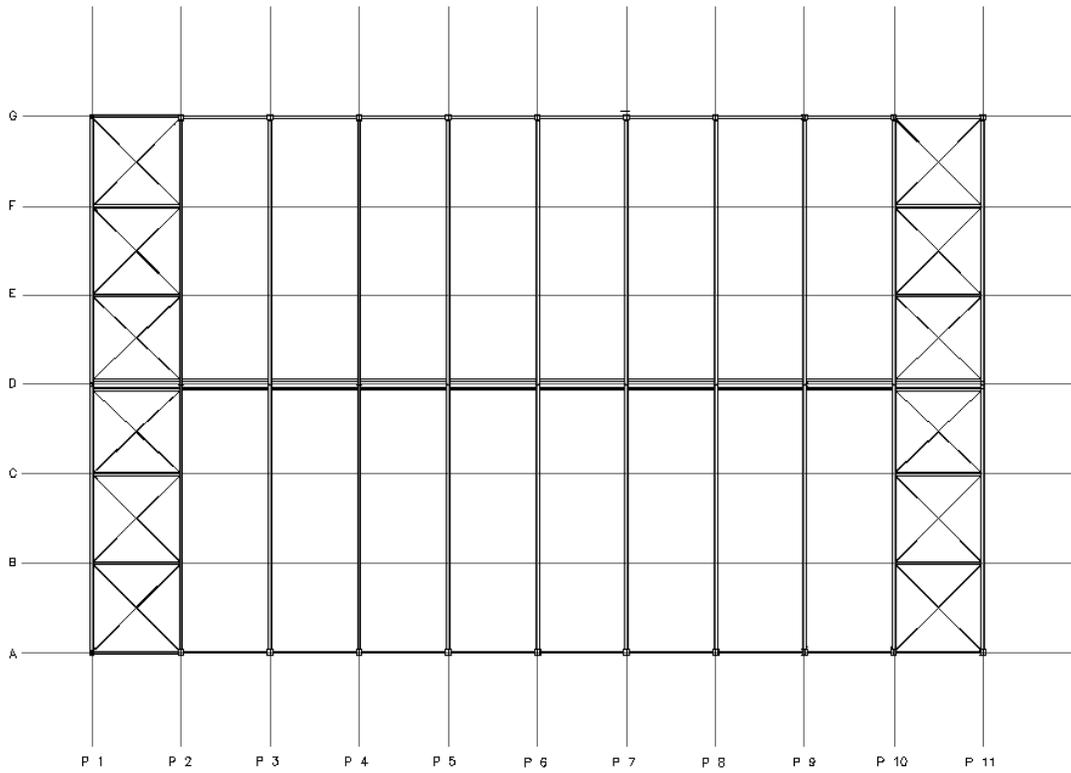
Figura 29. Resistencia panel lateral

### 2.3.1.11 Arriostramientos

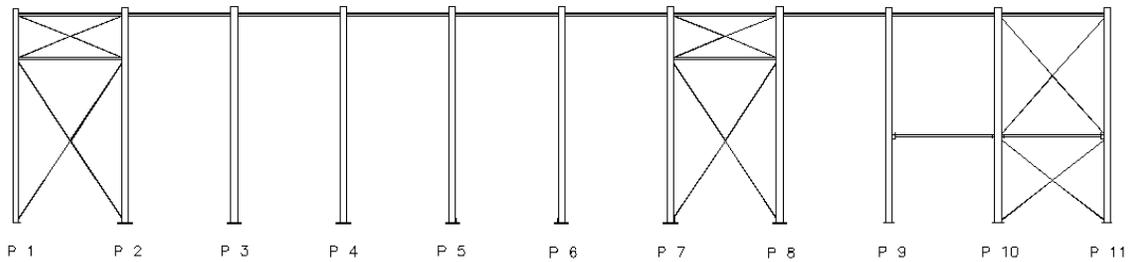
Para el arriostramiento de los pórticos de la nave, se colocarán redondos de diferentes diámetros, según la zona, en modo de Cruz de San Andrés. Se puede observar en los planos de arriostramiento el radio correspondiente de cada perfil.



Estructura general



Arriostamiento vigas a contraviento con redondos R24



Arriostamiento entramado lateral con redondos R16

Figura 30. Arriostamiento de la nave

### **2.3.1.12 Uniones y empalmes**

Las uniones se realizarán mediante uniones atornilladas con tornillería de alta resistencia y las soldaduras que requieran dichas uniones se realizarán en taller para posteriormente ser montado en obra.

Las uniones atornilladas que vayan a transmitir fuerzas principalmente axiales es decir uniones articuladas, se han resuelto mediante chapa lateral con sus correspondientes soldaduras y tornillería. En cambio uniones que requieran comportamiento de empotramiento atornilladas se han resuelto mayormente mediante chapa frontal con sus correspondientes soldaduras, rigidizadores y tornillería específica.

Las uniones que requieran ser resueltas mediante soldadura como las escaleras, vigas de entreplanta, etc. se realizarán in situ con un control exhaustivo de la calidad de la soldadura.

Se puede observar en el documento 4 cada tipo de unión realizada en el diseño y cálculo de la estructura

### **2.3.1.13 Solera**

Se realizará en el interior de la nave la solera de 1500 m<sup>2</sup> mediante hormigón HA-30 de 20 cm de espesor y mallazo #200.8 B500T. Se utilizará material de cantera como subbase y una lámina de polietileno para impermeabilizarla. Se realizarán cortes de 2mm para realizar las juntas de retracción correspondientes

### **2.3.1.14 Puerta basculante**

Para la entrada y salida de material, se colocará en la fachada norte una puerta basculante de abatible con puerta para peatones de la casa puertas Calvente. Las puertas tendrán una medida de 8,8m de ancho x 7m de alto.



Figura 31. Puerta basculante

### **2.3.1.15 Puertas de paso**

Las puertas interiores serán fenólicas de medidas 100cm x 207cm las simples y de 200cm x 207cm doble la del comedor. Las puertas de salida del edificio al exterior contarán con barra antipánico y será de medidas 100cm x 207cm.



Figura 32. Puerta exterior con barra antipánico

### **2.3.1.16 Canalón y bajantes**

El cálculo del canalón se ha realizado según las recomendaciones de la NTE. Se colocará un canalón de chapa galvanizada de espesor 1.5mm y sección equivalente  $\varnothing 200\text{mm}$  con un 1% de caída, con 5 bajantes por lado también de chapa galvanizada de  $\varnothing 90\text{mm}$ .

### **2.3.1.17 Alicatados**

El alicatado de los vestuarios se realizara mediante azulejo de color naranja el del vestuario masculino, y de color verde el vestuario femenino de 20cm x 20cm. Se recibirá con mortero de cola.

### **2.3.1.18 Pavimento**

El pavimento de los vestuarios se realizara mediante la colocación de gres porcelánico. Este se recibirá con mortero de cemento.

### **2.3.1.19 Pinturas**

Para el pintado de la estructura, se utilizara imprimación anti oxido para la protección de la estructura ante la corrosión seguido de un pintado con pintura intumescente que garantice una protección R30 de color blanca para metal, RAL 5026.

## **2.4 NORMAS Y REFERENCIAS**

### **2.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas**

En este apartado se presenta la normativa que se debe aplicar a un proyecto de diseño de una nave industrial. Las exigencias básicas que establece esta normativa deben cumplirse tanto en el proyecto, como en la construcción, el mantenimiento y la conservación del edificio y sus instalaciones.

Con ello, el principal marco normativo a seguir en todo momento durante la ejecución de este proyecto será el Código Técnico de la Edificación (CTE) ya que es el que regula las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la disposición adicional de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Dentro del Código Técnico de la Edificación, en su segunda parte destacan los Documentos Básicos que contienen, por un lado, la caracterización de las exigencias básicas y su cuantificación mediante el establecimiento de las características cualitativas o cuantitativas objetivamente identificables del edificio, y por otro lado, unos procedimientos, cuya utilización acredita el cumplimiento de dichas exigencias básicas, que se definen en forma de métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica.

En este proyecto destacaremos particularmente los siguientes Documentos Básicos:

-Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE):

Tiene como objetivo asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.

- Documento Básico de ACERO (SE-A)

Se destina a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación y se refiere únicamente a la seguridad en condiciones adecuadas de utilización, incluyendo los aspectos relativos a la durabilidad.

- Documento Básico de ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (SE-AE)

Su función consiste en determinar las acciones sobre los edificios para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio.

- Documento Básico de CIMENTOS (SE-C)

Se refiere a la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio de los elementos de cimentación de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho.

- Documento Básico de SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (SI)

Este documento excluye de su ámbito de aplicación “a los edificios, establecimientos y zonas de uso industrial a los que les sea de aplicación el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales”.

- Documento Básico de SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN (SU)

Se limita el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos durante el uso previsto de los edificios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

- Documento Básico de SALUBRIDAD (HS)

Se trata de reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro del edificio y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

- Documento Básico de PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (HR)

Se limita el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

- Documento Básico de AHORRO DE ENERGÍA (HE)

Nos ayuda a conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización del edificio, reduciendo a límites sostenibles su consumo, y también a conseguir que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable.

Según lo explicado respecto al Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio, este proyecto deberá cumplir las directrices que se establecen en el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (Real Decreto 2267/2004), el cual establece los requisitos que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial-docente para su seguridad en caso de incendio, ya que el ámbito de aplicación de esta normativa incluye a los talleres de fabricación y uso dedicado a la docencia. Este reglamento nos ayuda a reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran

daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el material prioritario en la cimentación de la nave es el hormigón armado, también será de obligado cumplimiento la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, en la que se proporcionan procedimientos que demuestran su cumplimiento con suficientes garantías técnicas. Además, es obligatorio el cumplimiento de la INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS (RC-08), según Real Decreto 956/2008 de 6 de Junio, el cual define las prescripciones técnicas generales que deben satisfacer los cementos y los métodos de ensayo para comprobarlas, para su recepción en las obras de construcción, en las centrales de fabricación de hormigón y en las fábricas de productos de construcción en cuya composición se incluya el cemento.

En lo que respecta a urbanismo, este proyecto es acorde al Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Bilbao, de acuerdo con lo establecido en el artículo 67 de la Ley 2/2006 de Suelo y Urbanismo del País Vasco. Por otra parte, el PGOU está sometido al procedimiento de evaluación ambiental estratégica regulado por el Real Decreto 211/2012, de 16 de octubre, integrando también su contenido el denominado Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA) como documento a través del cual se incorpora el análisis de esta variable.

En lo referente al Control de Calidad, este proyecto también cumple con el Real Decreto 238/1996 del Boletín Oficial del País Vasco nº 215 de 22 de octubre, de CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN, el cual permite garantizar, a través de los organismos oficiales, el cumplimiento de lo referido en la normativa vigente sobre Control de Calidad en la edificación y también concretar las funciones a desempeñar en esta materia por los facultativos que intervienen en la obra de construcción. Es obligatorio en obras de más de 300.000 €.

Para el cálculo y diseño de la grúa puente se ha considerado la Norma UNE 76-201-88 en donde se refleja las bases de cálculo específicas para los caminos de rodadura de los puentes grúa realizados en construcción metálica y reacciones producidas por el funcionamiento del puente grúa tanto en los propios pilares como en la viga carrilera.

Este proyecto también cumple con el Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero de Medidas Mínimas de Accesibilidad a los Edificios, por las que se establece las exigencias dimensionales mínimas que afectan a la accesibilidad y desplazamientos en los edificios de nueva planta, siendo de carácter supletorio de las que puedan dictar las Comunidades Autónomas en ejercicio de sus competencias.

En lo que respecta a la seguridad en el trabajo, este proyecto cumple con la LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (Ley 31/1995) y con las DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN, en las que se desarrolla la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y donde se establece las condiciones mínimas de seguridad y salud aplicables en las obras.

De manera más genérica, este proyecto cumple con las Normas sobre Redacción de proyectos y dirección de Obras de Edificación, según Real Decreto 129/1985, de 23 de Enero donde se establece la obligación de hacer constar expresamente las características que deben reunir los proyectos de obras de edificación de cualquier tipo, así como la obligación de los Órganos encargados de su visado de constatarlo; la obligatoriedad del Libro de Órdenes y Asistencias en toda obra de edificación, y de la expedición del certificado final de obra para la ocupación de cualquier inmueble de promoción privada. También regula la intervención de Colegios profesionales y Oficinas de supervisión de proyectos.

De manera particular en la Comunidad Autónoma del País Vasco, este proyecto cumple con el Real Decreto 49/2009 que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos con tierras o rocas. Finalmente, y de manera no obligatoria, este proyecto cumple con las Normas Tecnológicas de la Edificación, que regulan cada una de las actuaciones que intervienen en el proceso edificatorio: diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento, aunque su carácter es puramente instructivo.

## **2.4.2 Bibliografía**

### **2.4.2.1 Libros**

- “Arte de proyectar en arquitectura”, Ernest Neufert.
- “Acero laminado: Prontuario”, Nicolas Larburu.
- Apuntes de Teoría de Estructuras y Construcciones Industriales 2016/2017.
- Apuntes de Elasticidad y Resistencia de Materiales 2016/2017.
- Apuntes de Mecánica aplicada 2015/2016.
- “La estructura metálica hoy”. Tomos I y II., Ramón Argüelles Álvarez.

### **2.4.2.2 Páginas web**

- <http://www.bilbao.eus>
- <http://www.bizkaia.net>
- <http://www.boe.es>
- <http://www.viguetasnavarras.com>
- <http://www.autodesk.es>
- <http://www.jaso.com/es/la-empresa>
- <http://www.puertasroper.com>
- <http://www.cype.es>
- <http://www.addi.ehu.es>
- <http://www.logismarket.es>

- <http://www.codigotecnico.org>
- <http://www.aenor.es>
- <http://www.soloarquitectura.com/foros>

#### **2.4.2.3 Prontuarios y catálogos**

- Prontuario de paneles “Arclad by ArcelorMittal”.
- Prontuario de paneles “ITALPANELLI”.
- Prontuario de perfiles de acero UPM.
- Prontuario de grúas puente JASO.
- Prontuario de forjados losa alveolar VIGUETAS NAVARRAS.
- Prontuario puertas industriales.

#### **2.4.3 Programas de cálculo**

##### **2.4.3.1 Programa CYPE 2016**

Para la realización de los cálculos se ha optado por la utilización del programa de cálculo “CYPE”, desarrollado por CYPE ingenieros S.A. En una primera fase se utiliza el “Generador de pórticos” aplicación que permite al usuario diseñar las correas metálicas, tanto en cubierta como en los laterales de la nave. Además permite generar la geometría del pórtico tipo en dos dimensiones, considerando cargas y coeficientes de pandeo según la descripción y normativa seleccionada. Para calcular los perfiles de las barras que conforman el pórtico es necesario la exportación del fichero a la que sería la segunda parte del programa de “Cype”, esto es, el “Metal-3D”.

Este programa ha sido concebido para realizar el cálculo y dimensionado de estructuras metálicas. El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los

elementos todos los elementos que definen la estructura: pilares, vigas, cimentación, etc.

El Método Matricial conduce a grandes sistemas de ecuaciones lineales mediante la idealización de la estructura real. Este método consiste en suponer desconocidos los desplazamientos y giros de los nudos de un modelo de cálculo y para ello se establecen dos tipos de relaciones: la relación entre los desplazamientos y los esfuerzos que éstos originan en los nudos de las barras, y el equilibrio de fuerzas entre las acciones exteriores a la estructura y los esfuerzos generados en los nudos, obtenidos anteriormente. Planteando las ecuaciones de equilibrio se establece un sistema matricial de ecuaciones cuyas incógnitas son los desplazamientos. Una vez conocidos dichos desplazamientos y su relación con los esfuerzos en los nudos, se calculan los esfuerzos en los extremos de las barras.

Sin embargo, al tratarse de una idealización de la estructura, el modelo de cálculo se aproxima lo máximo posible al comportamiento real de la estructura, pero existen factores que impiden que la fiabilidad ante dichos cálculos sea total. Por ejemplo, las acciones que actúen sobre la estructura pueden ser diferentes a las cargas supuestas o incluso durante la ejecución de la obra la estructura puede sufrir algún cambio. De todas maneras, estas diferencias entre la estructura real y el modelo de cálculo se salvan prácticamente en su totalidad mediante la aplicación estricta de la normativa existente y mediante la experiencia del técnico.

#### **2.4.3.2 Software CESPLA**

Utilizado para calcular las solicitaciones del forjado de la entreplanta en su comportamiento como viga continua apoyada sobre tres apoyos con dos vanos.

### **2.4.3.3 Software CRANEWAY 8.XX**

Software para cálculo de la viga carril del puente grúa.

### **2.4.3.4 Software AUTOCAD 2018**

Programa de CAD utilizado para realizar los planos necesarios para definir el proyecto

## **2.5 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

La elaboración del Programa de Control se ha llevado a cabo según el Decreto 209/2014 de 28 de Octubre por el que se regula el Control de calidad en la construcción y tiene por objeto garantizar la verificación y el cumplimiento de la normativa vigente, creando el mecanismo necesario para realizar los ensayos y pruebas que avalen la idoneidad técnica de los materiales empleados en la ejecución y su correcta puesta en obra, conforme a los documentos del proyecto.

Las características de los materiales definidas en el proyecto así como las mediciones correspondientes a los mismos y la composición y número de lotes a ensayar de cada uno de ellos, se especifican en el Programa de Control de Calidad.

El Programa de Control una vez terminado se visará por el Colegio Oficial correspondiente y formará parte del Proyecto.

Para la realización de los ensayos, análisis y pruebas se contratará, con el conocimiento de la Dirección Facultativa, los servicios de un Laboratorio de

Ensayos debidamente acreditado y antes del comienzo de la obra se dará traslado del “Programa de Control de Calidad” a dicho Laboratorio con el fin de coordinar de manera eficaz el control de calidad. Una vez comenzada la obra la Dirección Facultativa anotará en el “Libro de Control de Calidad” los resultados de cada ensayo y la identificación del laboratorio que los ha realizado, así como los certificados de origen, marcas o sellos de calidad de aquellos materiales que los tuvieran.

Para darse por enterada de los resultados de los ensayos la Dirección Facultativa y el Constructor firmará en el “Libro de Control de Calidad” y reflejará en este y en el correspondiente “Libro de Órdenes” los criterios a seguir en cuanto a la aceptación o no de materiales o unidades de obra, en el caso de resultados discordes con la calidad definida en el Proyecto, y en su caso cualquier cambio con respecto a lo recogido en el Programa de Control.

Finalmente para la expedición del “Certificado Final de Obra” se presentará en el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos el “Certificado de Control de Calidad” siendo preceptivo para su visado la aportación del “libro de Control de Calidad”. Este Certificado de Control será el documento oficial garante del control realizado.

## **2.6 SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**

Para realizar el diseño de las medidas y sistemas de protección contra incendio de la nave industrial se seguirán las siguientes normas:

- Documento básico: Seguridad en caso de incendio CTE DB SI
- REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el

Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

La presencia del riesgo de incendio en los establecimientos industriales determina la probabilidad de que se desencadenen incendios, generadores de daños y pérdidas para las personas y los patrimonios, que afectan tanto a ellos como a su entorno.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio trata de regular las condiciones de protección contra incendios en los establecimientos industriales con carácter horizontal, es decir, que sean de aplicación en cualquier sector de la actividad industrial, para ello se dicta el “REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES” el 3 de Diciembre de 2004.

El objetivo de este reglamento es establecer y definir los requisitos y condiciones a cumplir por los establecimientos industriales nuevos o reformados para su seguridad en caso de incendio.

El ámbito de aplicación de este reglamento son los establecimientos industriales tales como:

- Las industrias, tal como se definen en el artículo 3, punto 1, de la ley 21/1992, de 16 de Julio, de industria.

- Los almacenes industriales.

Los talleres de reparación y los estacionamientos de vehículos destinados al servicio de transporte de personas y transporte de mercancías.

- Los servicios auxiliares o complementarios de las actividades comprendidas en los puntos anteriores.

Aplicando el R.D. 2267/2004 a la presente nave destinada a docencia de procesos de producción y fabricación y teniendo en cuenta que el establecimiento

ocupa todo un edificio y que se encuentra a una distancia superior a 3 m de los edificios colindantes, pertenece al grupo de establecimientos tipo C.

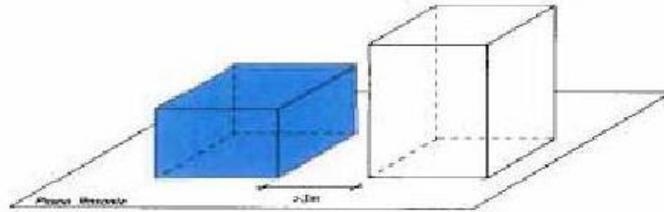


Figura 33. Establecimiento industrial Tipo C

### **Condiciones de compartimentación en sectores de incendio**

**Docente:** Si el edificio tiene más de una planta, la superficie construida de cada sector de incendio no debe exceder de 4.000 m<sup>2</sup>. Cuando tenga una única planta, no es preciso que esté compartimentada en sectores de incendio. En este caso la superficie total es de 1500 m<sup>2</sup> de planta y 300 m<sup>2</sup> de entreplanta por lo que constará de un único sector de incendio al no considerarse la entreplanta un piso completo.

Se establecerá el Riesgo Intrínseco del establecimiento mediante el cálculo de la densidad de carga de fuego, ponderada corregida.

Se puede evaluar la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida,  $Q_s$ , del sector de incendio aplicando la siguiente expresión para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

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

Donde:

**Q<sub>s</sub>**= densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>. **G<sub>i</sub>** = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

**C<sub>i</sub>**= coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

**R<sub>a</sub>**=coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

**A** = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m<sup>2</sup>.

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

**S<sub>i</sub>**= superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q<sub>si</sub> diferente, en m<sup>2</sup>.

En el caso de la nave que se va a construir, hay una única zona de sector de incendio, por lo tanto  $S_i$  serían los 1800m<sup>2</sup>.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad,  $C_i$ , de cada combustible pueden deducirse de la tabla 1.1, del Catálogo CEA de productos y mercancías, o de tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse.

TABLA 1.1

**Grado de peligrosidad de los combustibles**

*Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad,  $C_i$*

ALTA	MEDIA	BAJA
– Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1	– Líquidos clasificados como subclase B <sub>2</sub> en la ITC MIE-APQ1.	– Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.
– Líquidos clasificados como subclase B <sub>1</sub> en la ITC MIE-APQ1.	– Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.	
– Sólidos capaces de iniciar su combustión a un temperatura inferior a 100 °C.	– Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.	– Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
– Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.	– Sólidos que emiten gases inflamables.	
– Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.		
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

La nave industrial que se va a construir irá destinada a docencia de procesos de producción y fabricación, por lo que el material del que se dispondrá en la nave serán sólidos metálicos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200°C.

Los valores de la densidad de carga de fuego media,  $q_{si}$ , pueden obtenerse de la tabla 1.2.

TABLA 1.2

Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociado, Ra

Actividad	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	Q <sub>s</sub>		Ra	q <sub>v</sub>		Ra
	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>		MJ/m <sup>3</sup>	Mcal/m <sup>3</sup>	
Abonos químicos	200	48	1,5	200	48	1,0
Aceites comestibles	1.000	240	2,0	18.900	4.543	2,0
Aceites comestibles, expedición	900	216	1,5	18.900	4.543	2,0
Aceites: mineral, vegetal y animal	1.000	240	2,0	18.900	4.543	2,0
Acero	40	10	1,0			
Acero, agujas de	200	48	1,0			

### 2.6.1 Cálculo

R<sub>a</sub>: 1,0

C<sub>i</sub>: 1,00

q<sub>si</sub>: 40 MJ/ m<sup>2</sup>

A: 1800 m<sup>2</sup> (Superficie construida del sector de incendio).

S<sub>i</sub>: 1800 m<sup>2</sup> (Superficie de cada zona con proceso diferente)

$$Q_s = \frac{40 \left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right) \cdot 1800 \text{ m}^2 \cdot 1}{1800 \text{ m}^2} \cdot 1 = 40 \text{ MJ/m}^2$$

Por lo tanto la densidad de carga de fuego ponderada y corregida será:

40MJ/ m<sup>2</sup>.

Con el valor de carga de fuego que ha dado, se va a la tabla 1.3 del reglamento:

TABLA 1.3

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

40 < 425 lo que implica el nivel de riesgo intrínseco es **BAJO 1**.

## 2.6.2 Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco

### 2.6.2.1 Fachadas accesibles

Tanto el planeamiento urbanístico como las condiciones de diseño y construcción de los edificios, en particular el entorno inmediato, sus accesos, sus huecos en fachada, etc., deben posibilitar y facilitar la intervención de los servicios de extinción de incendios.

Se consideran fachadas accesibles de un edificio, o establecimiento industrial, aquellas que dispongan de huecos que permitan el acceso desde el exterior al personal del servicio de extinción de incendios.

Los viales de aproximación hasta las fachadas accesibles, deben cumplir las siguientes condiciones:

- Anchura mínima libre: cinco m.
- Altura mínima libre o gálibo: 4,50 m.
- Capacidad portante del vial: 2000 kp/m<sup>2</sup>.

### **2.6.2.2 Máxima superficie construida admisible en cada sector de incendio**

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

TABLA 2.1

#### **Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio**

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m <sup>2</sup> )	TIPO B (m <sup>2</sup> )	TIPO C (m <sup>2</sup> )
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	(2) (3)	(3) (4)
3	500	3500	5000

En el caso de la nave a construir, teniendo en cuenta que es un edificio de configuración TIPO C y de nivel de riesgo intrínseco BAJO, no tiene límite de metros cuadrados construidos.

### **2.6.2.3 Materiales**

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN

13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado “CE”.

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

a) Mediante la clase que figura en cada caso, en primer lugar, conforme a la nueva clasificación europea.

b) Mediante la clase que figura en segundo lugar entre paréntesis, conforme a la clasificación que establece la norma UNE-23727.

### **Productos de revestimiento**

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial deben ser:

En suelos: CFL-s1 (M2) o más favorable.

En paredes y techos: C-s3 d0(M2), o más favorable.

Los materiales de revestimiento exterior de fachadas serán C-s3d0 (M2) o más favorables.

### **Productos incluidos en paredes y cerramientos**

Cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según el apartado 3.1, la capa y su revestimiento, en su conjunto, serán, como mínimo, EI 30 (RF-30).

### **Resto de productos**

Los productos situados en el interior de falsos techos o suelos elevados, tanto los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico como los que constituyan o revistan conductos de aire acondicionado o de ventilación, etc.,

deben ser de clase C-s3 d0 (M1) o más favorable. Los cables deberán ser no propagadores de incendio y con emisión de humo y opacidad reducida.

La justificación de que un producto de construcción alcanza la clase de reacción al fuego exigida se acreditará mediante ensayo de tipo o certificado de conformidad a normas UNE, emitidos por un organismo de control que cumpla los requisitos establecidos en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, se considerarán de clase A 1 (M0).

#### **2.6.2.4 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes**

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

La estabilidad ante al fuego, exigible a los elementos constructivos portantes en los sectores de incendio de un establecimiento industrial, puede determinarse mediante la tabla 2.2 del reglamento.

Teniendo en cuenta que es una nave industrial de cubierta ligera con puente grúa, clasificada como tipo C y de riesgo intrínseco medio 3, podemos decir que la estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes deberá ser R 30 (EF-30).

TABLA 2.2

**Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes**

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

**2.6.2.5 Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento**

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

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

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

- a) Estabilidad mecánica (o capacidad portante).
- b) Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- c) No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.

d) Aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establece la norma correspondiente.

Los elementos compartimentadores móviles no serán asimilables a puertas de paso a efectos de la reducción de su resistencia al fuego. Todos los huecos, horizontales o verticales, que comuniquen un sector de incendio con un espacio exterior a él deben ser sellados de modo que mantengan una resistencia al fuego que no será menor de:

a) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de compuertas de canalizaciones de aire de ventilación, calefacción o acondicionamiento de aire.

b) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de mazos o bandejas de cables eléctricos.

c) Un medio de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos no inflamables ni combustibles.

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

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

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

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

Cuando las tuberías que atraviesen un sector de incendios estén hechas de material combustible o fusible, el sistema de sellado debe asegurar que el espacio interno que deja la tubería al fundirse o arder también queda sellado.

No será necesario el cumplimiento de estos requisitos si la comunicación del sector de incendio a través del hueco es al espacio exterior del edificio, ni en el caso de tuberías de agua a presión, siempre que el hueco de paso esté ajustado a ellas.

La justificación de que un elemento constructivo de cerramiento alcanza el valor de resistencia al fuego exigido se acreditará:

- a) Por contraste con los valores fijados en el apéndice 1 de la Norma básica de la edificación: condiciones de protección contra incendios en los edificios, o en la normativa de aplicación en su caso.
- b) Mediante marca de conformidad con normas UNE o certificado de conformidad o ensayo de tipo con las normas y especificaciones técnicas indicadas en el anexo IV de este reglamento.

Las marcas de conformidad, certificados de conformidad y ensayos de tipo serán emitidos por un organismo de control que cumpla las exigencias del Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### **2.6.2.6 Ocupación de los establecimientos industriales**

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

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

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

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

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

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

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

En el caso de la nave que se va a construir, el número máximo de personas será 180 ( $p=100 < 180 < 200$ ), por lo que la ocupación se hallará mediante la segunda fórmula:

$$P = 110 + 1,05 (180 - 100), \text{ cuando } 100 < p < 200. \quad P = 194 \text{ personas}$$

La evacuación de los establecimientos industriales que estén ubicados en edificios de tipo C (según el anexo I) debe satisfacer las condiciones del siguiente apartado

### **2.6.2.7 Elementos de la evacuación**

Origen de evacuación: Todo punto ocupable.

Recorridos de evacuación: La longitud de los recorridos de evacuación por pasillos, escaleras y rampas, se medirá sobre el eje. Los recorridos en los que existan tornos u otros elementos que puedan dificultar el paso no pueden considerarse a efectos de evacuación.

-Altura de evacuación: Es la mayor diferencia de cotas entre cualquier origen de evacuación y la salida del edificio que le corresponda.

-Salidas: Es una puerta o un paso que conducen, bien directamente, o bien a través de otros recintos, hacia una salida de planta y, en último término, hacia una del edificio.

Salida de edificio que es una puerta o un hueco de salida a un espacio exterior seguro con superficie suficiente para contener a los ocupantes del edificio, a razón de  $0,50 \text{ m}^2$  por persona, dentro de una zona delimitada con un radio de distancia de la salida  $0,1P \text{ m}$ , siendo P el número de ocupantes.

$P = 194$  personas

Superficie espacio exterior necesaria:  $0,50 \text{ m}^2/\text{personas} \Rightarrow 0,50 \times 194 = 97 \text{ m}^2$

Radio de distancia de la salida:  $0,1 \times P = 0,1 \times 194 = 19,4 \text{ m}$

### **2.6.2.8 Compatibilidad de los elementos de evacuación**

Los establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia de cualquier superficie y los de uso Docente, Hospitalario, Residencial Público o Administrativo cuya superficie construida sea mayor que 1.500 m<sup>2</sup>, si están integrados en un edificio cuyo uso previsto principal sea distinto del suyo, deben cumplir la siguiente condición:

-Sus salidas de uso habitual y los recorridos hasta el espacio exterior seguro estarán situados en elementos independientes de las zonas comunes del edificio y compartimentados respecto de éste de igual forma que deba estarlo el establecimiento en cuestión, según lo establecido en el capítulo 1 de la Sección 1 de este DB. No obstante, dichos elementos podrán servir como salida de emergencia de otras zonas del edificio.

Por lo tanto la nave del presente proyecto tiene dos puertas de uso habitual, una de emergencia y una puerta basculante con una puerta para paso de personal  
Número de salidas de planta y longitud de recorridos de evacuación.

**Tabla 3.1. Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación <sup>(1)</sup>**

Número de salidas existentes	Condiciones
Plantas o recintos que disponen de una única salida de planta o salida de recinto respectivamente	<p>No se admite en <i>uso Hospitalario</i>, en las plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo, así como en salas o unidades para pacientes hospitalizados cuya superficie construida exceda de 90 m<sup>2</sup>.</p> <p>La ocupación no excede de 100 personas, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 500 personas en el conjunto del edificio, en el caso de <i>salida de un edificio</i> de viviendas;</li> <li>- 50 personas en zonas desde las que la evacuación hasta una <i>salida de planta</i> deba salvar una altura mayor que 2 m en sentido ascendente;</li> <li>- 50 alumnos en escuelas infantiles, o de enseñanza primaria o secundaria.</li> </ul> <p>La longitud de los <i>recorridos de evacuación</i> hasta una <i>salida de planta</i> no excede de 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 35 m en <i>uso Aparcamiento</i>;</li> <li>- 50 m si se trata de una planta, incluso de <i>uso Aparcamiento</i>, que tiene una salida directa al <i>espacio exterior seguro</i> y la ocupación no excede de 25 personas, o bien de un espacio al aire libre en el que el riesgo de incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc. <p>La <i>altura de evacuación</i> descendente de la planta considerada no excede de 28 m, excepto en <i>uso Residencial Público</i>, en cuyo caso es, como máximo, la segunda planta por encima de la de <i>salida de edificio</i> <sup>(2)</sup>, o de 10 m cuando la evacuación sea ascendente.</p> </li></ul>
Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente <sup>(3)</sup>	<p>La longitud de los <i>recorridos de evacuación</i> hasta alguna <i>salida de planta</i> no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 35 m en zonas en las que se prevea la presencia de ocupantes que duermen, o en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en <i>uso Hospitalario</i> y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria.</li> <li>- 75 m en espacios al aire libre en los que el riesgo de declaración de un incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc.</li> </ul> <p>La longitud de los <i>recorridos de evacuación</i> desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos <i>recorridos alternativos</i> no excede de 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en <i>uso Hospitalario</i> o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.</p> <p>Si la <i>altura de evacuación</i> descendente de la planta obliga a que exista más de una <i>salida de planta</i> o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una <i>altura de evacuación</i> mayor que 2 m, al menos dos <i>salidas de planta</i> conducen a dos escaleras diferentes.</p>

Por lo tanto en la nave de presente proyecto al tener dos tramos de escaleras para la salida de la entreplanta y tres posibles salidas y recorrido de menos de 50 metros a las salidas de planta cumple la normativa vigente.

### **DIMENSIONAMIENTO DE SALIDAS, PASILLOS Y ESCALERAS:**

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

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

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200$ <sup>(7)</sup> $\geq 0,80$ m <sup>(2)</sup> La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00$ m <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>
Escaleras no protegidas <sup>(8)</sup>	
para evacuación descendente	$A \geq P / 160$ <sup>(9)</sup>
para evacuación ascendente	$A \geq P / (160-10h)$ <sup>(9)</sup>

**Puertas**  $194/200= 0,97$  **cumple**, la puerta más pequeña es de 1m.

**Características de las puertas:** De acuerdo con el artículo 8 de la NBE-CPI/96, apartado 8.1. Las puertas de salida serán abatibles con eje de giro vertical y fácilmente operables.

**Pasillo**  $194/200= 0,97$  **cumple**, el pasillo es de 1,95 m

**Escaleras evacuación** descendente  $194/160= 1,21$ m **cumplen**. Ambas escaleras son de 1,35m de anchura

**Tabla 4.2. Capacidad de evacuación de las escaleras en función de su anchura**

Anchura de la escalera en m	Escalera no protegida		Escalera protegida (evacuación descendente o ascendente) <sup>(1)</sup>					
	Evacuación ascendente <sup>(2)</sup>	Evacuación descendente	Nº de plantas					
			2	4	6	8	10	cada planta más
1,00	132	160	224	288	352	416	480	+32
1,10	145	176	248	320	392	464	536	+36

1,20	158	192	274	356	438	520	602	+41
1,30	171	208	302	396	490	584	678	+47

Las escaleras son de 1,35m ya por lo tanto **cumplen** con la normativa vigente

### Protección de las escaleras

En la tabla 5.1 se indican las condiciones de protección que deben cumplir las escaleras previstas para evacuación.

**Tabla 5.1. Protección de las escaleras**

Uso previsto <sup>(1)</sup>	Condiciones según tipo de protección de la escalera		
	No protegida	Protegida <sup>(2)</sup>	Especialmente protegida
<b>Escaleras para evacuación descendente</b>			
Residencial Vivienda	$h \leq 14$ m	$h \leq 28$ m	
Administrativo, Docente,	$h \leq 14$ m	$h \leq 28$ m	

**No es necesaria protección para las escaleras.**

### DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en la tabla 1.1. El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de di-chas instalaciones, así como sus

materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios”, en sus disposiciones complementarias y en cualquier otra reglamentación específica que le sea de aplicación. La puesta en funcionamiento de las instalaciones requiere la presentación, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, del certificado de la empresa instaladora al que se refiere el artículo 18 del citado reglamento.

Los locales de riesgo especial, así como aquellas zonas cuyo uso previsto sea diferente y subsidiario del principal del edificio o del establecimiento en el que estén integradas y que, conforme a la tabla 1.1 del Capítulo 1 de la Sección 1 de este DB, deban constituir un sector de incendio diferente, deben disponer de la dotación de instalaciones que se indica para cada local de riesgo especial, así como para cada zona, en función de su uso previsto, pero en ningún caso será inferior a la exigida con carácter general para el uso principal del edificio o del establecimiento

**Tabla 1.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios**

<b><i>Uso previsto del edificio o establecimiento</i></b>	<b>Condiciones</b>
Instalación	
<b>En general</b>	
<b>Extintores portátiles</b>	<b>Uno de eficacia 21A -113B:</b> <b>- A 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación.</b>
<b>Docente</b>	
Bocas de incendio equipadas	Si la superficie construida excede de 2.000 m <sup>2</sup> <sup>(7)</sup> .
Columna seca <sup>(5)</sup>	Si la <i>altura de evacuación</i> excede de 24 m.

**Sistema de alarma <sup>(6)</sup>**

**Si la superficie construida excede de 1.000 m<sup>2</sup>**

Sistema de detección de incendio

Si la superficie construida excede de 2.000 m<sup>2</sup>, detectores en zonas de riesgo alto conforme al capítulo 2 de la Sección 1 de este DB. Si excede de 5.000 m<sup>2</sup>, en todo el edificio.

Hidrantes exteriores

Uno si la superficie total construida está comprendida entre 5.000 y 10.000 m<sup>2</sup>.

**Señalización e iluminación:**

a) Señalización de evacuación

De acuerdo con el artículo 12 de la NBE-CPI/96, apartados 12.1, 12.2 y 12.3; además, deberán cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril. Las salidas de recinto, planta o edificio contempladas en el artículo 7 estarán señalizadas.

Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos que deben seguirse desde todo origen de evacuación hasta un punto desde el que sea directamente visible la salida o la señal que la indica.

Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos que deben seguirse desde todo origen de evacuación hasta un punto desde el que sea directamente visible la salida o la señal que la indica y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo. En los puntos de los recorridos de evacuación que deban estar señalizados en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma tal que quede claramente indicada la alternativa correcta.

En dichos recorridos, las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación, deberán señalizarse con la señal correspondiente definida en la norma UNE 23 033 dispuesta en lugar fácilmente visible y próxima a la puerta.

Para indicar las salidas, de uso habitual o de emergencia, se utilizarán las señales definidas en la norma UNE 23 034.

Deben señalizarse los medios de protección contra incendios de utilización manual, que no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida por dicho medio, de forma tal que desde dicho punto la señal resulte fácilmente visible. Las señales serán las definidas en la norma UNE 23 033 y su tamaño será el indicado en la norma UNE 81 501.

#### b) Iluminación

En los recorridos de evacuación, en los locales de riesgo especial y en los que alberguen equipos generales de protección contra incendios, la instalación de alumbrado normal debe proporcionar, al menos, los mismos niveles de iluminación que se establecen en el artículo 21 para la instalación de alumbrado de emergencia.

Las señales a las que se hace referencia en los apartados a) y b) deben ser visibles, incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Para ello, dispondrán de fuentes luminosas incorporadas externa o internamente a las propias señales, o bien serán auto-luminiscentes, en cuyo caso, sus características de emisión luminosa deberán cumplir lo establecido en la norma UNE 23 035 Parte 1.

c) Señalización

Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

**2.7 PRESUPUESTO**

<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>	
<b>PARTIDA</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS Y EXCAVACIONES</b>	<b>22.108,13 €</b>
<b>CIMENTACIÓN Y HORMIGONADO</b>	<b>146.495,57 €</b>
<b>ESTRUCTURA METÁLICA</b>	<b>353.440,68 €</b>
<b>PUENTE GRÚA</b>	<b>49.690,00 €</b>
<b>CERRAMIENTO</b>	<b>97.633,38 €</b>
<b>ALBAÑILERÍA</b>	<b>49.587,60 €</b>
<b>CARPINTERÍA</b>	<b>13.110,00 €</b>
<b>PINTURAS</b>	<b>78.896,54 €</b>

FONTANERÍA	63.223,83 €
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	1.731,21 €
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	34.597,70 €
PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	5.281,04 €
PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS	259,22 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	916.054,90 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6% P.E.M.)	54.963,29 €
GASTOS GENERALES (13% P.E.M.)	119.087,13 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.090.105,32 €
I.V.A. (21%)	228.922,11 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (CON I.V.A.)	1.319.027,43 €

Según se justifica en el correspondiente documento de este proyecto, el presupuesto total, asciende a la cantidad de:

**UN MILLÓN TRESCIENTOS DIECINUEVE MIL VEINTISIETE  
EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS DE EURO**

## **2.8 PLAZO DE EJECUCIÓN**

El plazo de ejecución previsto será de 9 meses y la obra dará comienzo en Mayo de 2018

