

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***EDIFICIO ANEXO A CAMPO DE TIRO
AL PLATO***

DOCUMENTO 2- MEMORIA

Alumno/Alumna: Díez, Rosado, Lander

Director/Directora: Marcos, Rodríguez, Ignacio

Curso: 2018-2019

Fecha: Viernes, 19 de julio, 2019

ÍNDICE

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 2. | MEMORIA..... | 1 |
| 2.1. | OBJETO DEL PROYECTO | 1 |
| 2.2. | MEMORIA DESCRIPTIVA..... | 3 |
| 2.2.1. | Breve descripción..... | 3 |
| 2.2.2. | Alcance del proyecto | 4 |
| 2.2.3. | Requisitos de diseño | 5 |
| 2.2.4. | Análisis de soluciones | 5 |
| 2.2.5. | Distribución de la nave | 6 |
| 2.3. | MEMORIA DESCRIPTIVA..... | 12 |
| 2.3.1. | Accionamiento del terreno, desbroce y limpieza..... | 12 |
| 2.3.2. | Explanación, refino y nivelación..... | 13 |
| 2.3.3. | Excavaciones, zanjas y pozos | 14 |
| 2.3.4. | Relleno y apisonado de zanjas y pozos | 15 |
| 2.3.5. | Cimentación | 15 |
| 2.3.6. | Red de saneamiento | 17 |
| 2.3.7. | Solera | 17 |
| 2.3.8. | Montaje estructura principal | 18 |
| 2.3.8.1. | Cerramiento de cubierta y laterales..... | 19 |
| 2.3.8.2. | Correas de cubierta y laterales..... | 21 |
| 2.3.8.3. | Pórticos transversales | 22 |
| 2.3.8.4. | Uniones y empalmes | 23 |
| 2.3.8.5. | Vigas contraviento y entramados..... | 23 |
| 2.3.9. | Entreplanta y escaleras | 23 |
| 2.3.10. | Acabados | 24 |
| 2.3.11. | Instalaciones | 24 |
| 2.3.12. | Construcción de la nave..... | 24 |
| 2.3.12.1. | Cimentación | 25 |
| 2.3.12.2. | Estructura de los pórticos..... | 26 |
| 2.3.12.3. | Correas de cubierta | 27 |
| 2.3.12.4. | Correas laterales | 28 |
| 2.3.12.5. | Junta de dilatación | 29 |
| 2.3.12.6. | Forjado de la entreplanta..... | 30 |
| 2.3.12.7. | Escaleras..... | 31 |
| 2.3.12.8. | Cerramiento de cubierta | 32 |
| 2.3.12.9. | Cerramiento lateral | 34 |
| 2.3.12.10. | Arriostramientos | 36 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 2.3.12.11. | Uniones y empalmes | 37 |
| 2.3.12.12. | Solera..... | 37 |
| 2.3.12.13. | Puerta basculante..... | 38 |
| 2.3.12.14. | Puertas de paso | 38 |
| 2.3.12.15. | Pinturas | 39 |
| 2.3.12.16. | Canalón y bajantes | 39 |
| 2.3.12.17. | Alicatados | 39 |
| 2.3.12.18. | Pavimento | 39 |
| 2.3.13. | Particiones interiores..... | 39 |
| 2.3.14. | Acabados | 40 |
| 2.3.15. | Instalaciones | 40 |
| 2.4. | NORMAS Y REFERENCIAS | 40 |
| 2.4.1. | Disposiciones legales y normas aplicadas | 40 |
| 2.4.2. | Bibliografía | 43 |
| 2.4.2.1. | Libros..... | 43 |
| 2.4.2.2. | Páginas web | 44 |
| 2.4.2.3. | Prontuarios y catálogos..... | 44 |
| 2.4.3. | Programas de cálculo | 44 |
| 2.4.3.1. | Programa CYPE 2017 | 44 |
| 2.4.3.2. | Software CESPLA | 45 |
| 2.4.3.3. | Software AUTOCAD 2017 | 45 |
| 2.4.3.4. | Software PRESTO 8.8..... | 46 |
| 2.5. | PLAN DE CONTROL DE CALIDAD | 46 |
| 2.6. | SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO | 46 |
| 2.6.1. | Cálculo..... | 51 |
| 2.6.2. | Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco | 52 |
| 2.6.2.1. | Fachadas accesibles..... | 52 |
| 2.6.2.2. | Máxima superficie construida admisible en cada sector de incendio | 52 |
| 2.6.2.3. | Materiales | 53 |
| 2.6.2.4. | Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes | 54 |
| 2.6.2.5. | Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento | 54 |
| 2.6.2.6. | Ocupación de los establecimientos industriales | 56 |
| 2.6.2.7. | Elementos de evacuación..... | 57 |
| 2.6.2.8. | Compatibilidad de los elementos de evacuación | 58 |
| 2.7. | PRESUPUESTO | 63 |
| 2.8. | PLAZO DE EJECUCIÓN | 64 |

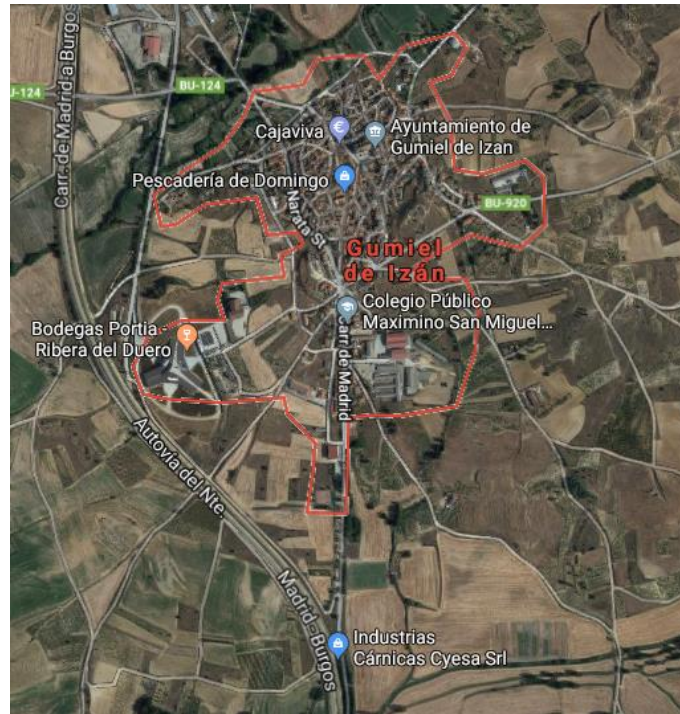


Figura 1. Localización del emplazamiento



Figura 2. Localización del solar

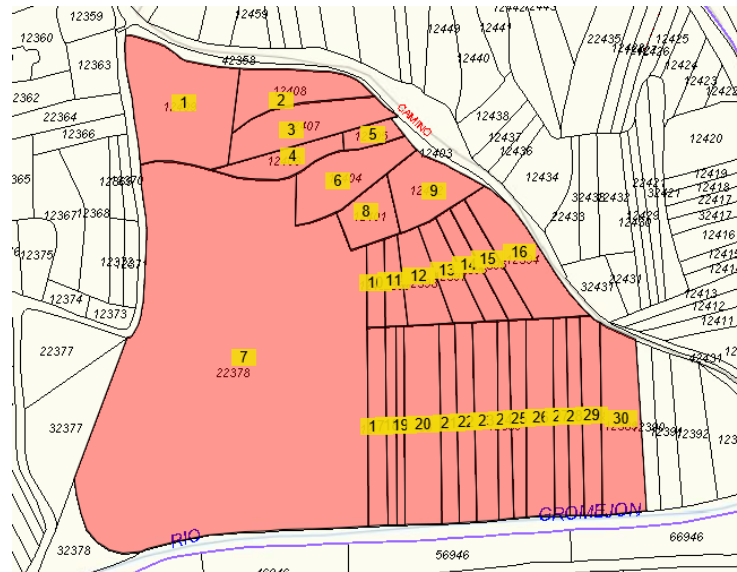


Figura 3. Vista total de la parcela

2.2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.2.1. Breve descripción

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

El objeto del proyecto es la construcción de una nave industrial de estructura íntegramente metálica con capacidad suficiente como para poder almacenar tanto las herramientas como materiales necesarios para el correcto funcionamiento del campo de tiro al plato anexo a la edificación, así como para dar cabida a zonas en las que poder realizar reuniones, comedor, vestuarios, aseos y las correspondientes oficinas para asegurarse un correcto control del centro.

Por ende, la nave a proyectar ha de constar de 16 m. de luz, una longitud de 32 m. y una altura a cumbrera de 9,41 m (mencionar que un metro de la mencionada altura habrá de ir totalmente enterrado), con un grado de inclinación de 10° , restando así una superficie total construida de 512 m².

La nave ha de contener 6 pórticos con dos vanos de 8 metros, uno de 6 y otros dos de 5 metros, siendo su estructura de cubierta simétrica y a dos aguas. Todos ellos, así como las correas, han de estar constituidos por perfiles laminados.

A su vez, decir que tanto para el cerramiento de cubierta como para los laterales se ha llevado a cabo la selección de paneles tipo sándwich de la marca Teczone, fijados tanto en cubierta como en laterales mediante uniones atornilladas.

El espacio destinado para los aseos, el comedor y la oficina se encuentra situado en la parte superior de la sala de reuniones/sala de estar, vestuarios, secretaría y habitación fría, esto es, en una entreplanta, la cual se encuentra distribuida a lo ancho de la nave en cuestión, ocupando así una superficie de 256 m² a lo largo de los últimos tres vanos.

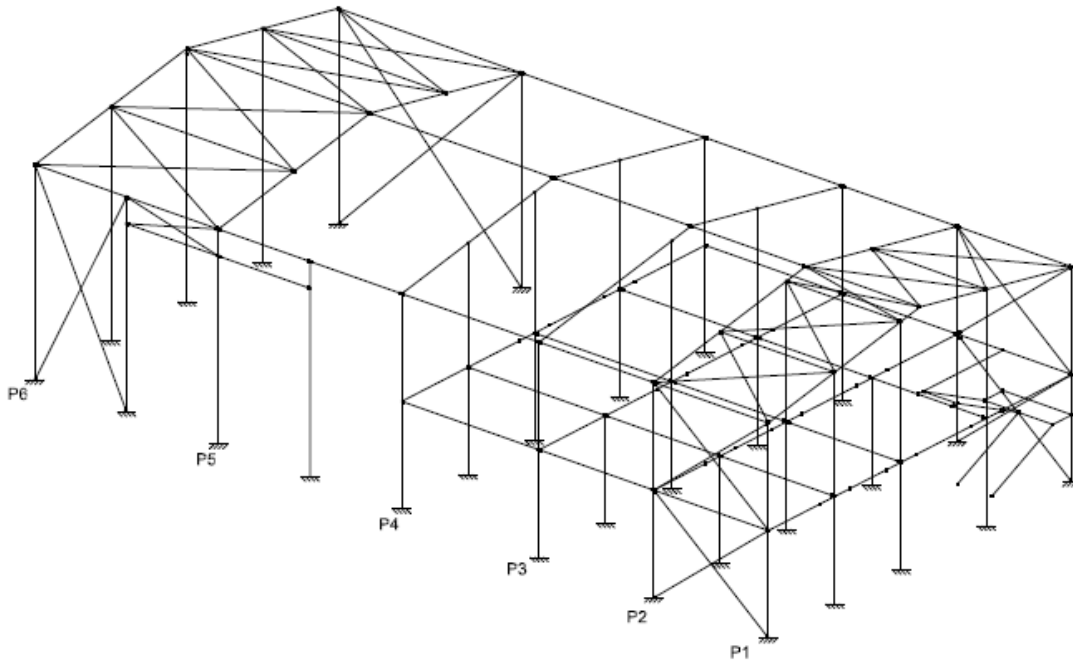


Figura 4. Esquema de la estructura metálica

2.2.2. Alcance del proyecto

La realización de los cálculos necesarios para poder llevar a cabo la construcción del edificio anexo al campo de tiro al plato en cuestión, teniendo en cuenta la presencia de la entreplanta, han de incluir:

- Elección y comprobación del cerramiento de la nave tanto en cubierta como en laterales.
- Elección y comprobación de las correas tanto de cubierta como laterales.
- Diseño, cálculo y comprobación de la escalera de entreplanta cumpliendo con la normativa vigente.
- Diseño, cálculo y comprobación de la entreplanta para comedor, oficina y aseos.
- Cálculo y comprobación de los pórticos.

- Cálculo y comprobación de las cimentaciones necesarias, incluyendo definición de placas base, pernos, armado y hormigonado.
- Cálculo y comprobación de las uniones atornilladas y soldadas necesarias.

, todo ello atendiendo a las directrices urbanísticas del Ayuntamiento de Gumiel de Izán que se encuentran marcadas por las Normas Subsidiarias del municipio, las cuales especifican los deberes que condicionan la adquisición de las facultades urbanísticas de la edificación.

2.2.3. Requisitos de diseño

Con el fin de determinar los parámetros geotécnicos del terreno, se ha de efectuar 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. Tras ello, se ha de realizar el informe geotécnico referente al terreno en cuestión, sirviendo éste como referencia para el estudio de la cimentación.

Por consiguiente, del informe geotécnico se puede deducir que se trata de 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, de modo que no existen variedades significativas en toda la parcela. Por ello, para la ejecución del proyecto se han de tener en cuenta tanto el informe geotécnico como las posibles experiencias en las parcelas colindantes.

La presión admisible sobre el terreno, bajo cargas, depende principalmente de la propia naturaleza del terreno y de la profundidad y anchura del cimiento, siendo en el caso a tratar de 0,3 MPa la tensión que es capaz de soportar el mismo.

En función del sondeo realizado, se puede concluir que se trata de un terreno gravera clasificado como suelo sin cohesión, dimensionando por consecuencia una estructura cimentada directamente sobre terreno a una profundidad de 1000 mm desde la cota 0 de solera. Es por ello que la altura de la estructura de la nave ha de ser 1 m mayor, teniendo así una altura libre a cumbrera de 9,41 m.

Una vez realizadas el número de catas pertinentes del terreno mediante retroexcavadora, se ha concluido optar por un diseño de la cimentación de la nave a base de zapatas aisladas unidas mediante vigas de atado para evitar así los posibles desplazamientos.

La nave se habrá de construir mediante estructura de acero, siendo los cerramientos escogidos tanto para el cerramiento de cubierta como laterales mediante paneles sándwich.

2.2.4. Análisis de soluciones

La estructura primaria ha de estar constituida por pórticos formados por marcos rígidos de acero S 275 compuestos de vigas y pilares. Los distintos tramos del pórtico han de ser soldados en fábrica, ensamblando en el montaje los distintos componentes mediante tornillería calibrada de alta resistencia. A su vez, mencionar que los pórticos se habrán de unir a las cimentaciones mediante pernos de anclaje embebidos en las zapatas.

Por otro lado, la estructura secundaria ha de estar compuesta de correas a base de perfiles IPE 240 para cubierta, debiendo ser perfiles IPE 200 los seleccionados para los laterales. Todas ellas han de ser laminadas en caliente y a partir de acero galvanizado. A la hora de llevar a cabo el montaje, se ha de tener en cuenta que en los apoyos de los pórticos se produce un solape de dichas correas, lo que hace que éstas trabajen como vigas continuas.

Se han de prever arriostramientos formados por barras 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 la posible inestabilidad longitudinal de la nave provocada por la acción de las posibles situaciones de viento que se puedan dar a la hora de incidir sobre la superficie de la misma.

El cerramiento habrá de ser tipo sándwich tanto para cubierta como para laterales, estando formado por una chapa exterior, aislamiento interior y otra chapa interior, siendo el espesor del conjunto de 50 mm y 40 mm respectivamente.

2.2.5. Distribución de la nave

A continuación se muestra la representación de la nave distribuida en su interior con vistas tanto de la plata baja como de la entreplanta.

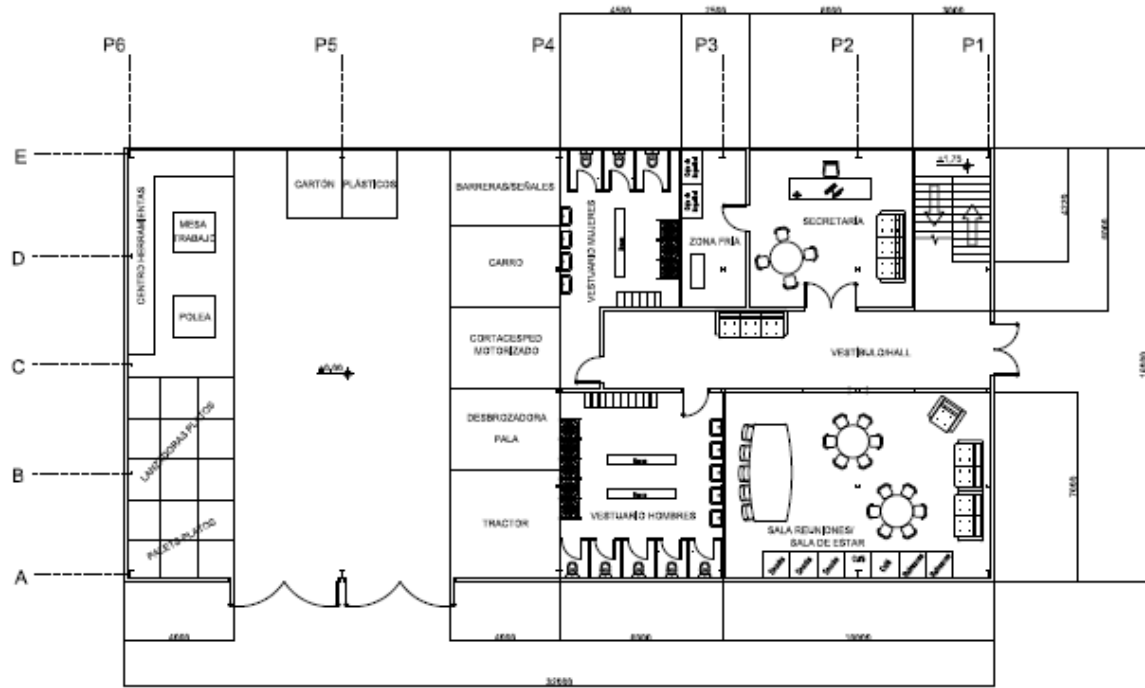


Figura 5. Distribución planta inferior

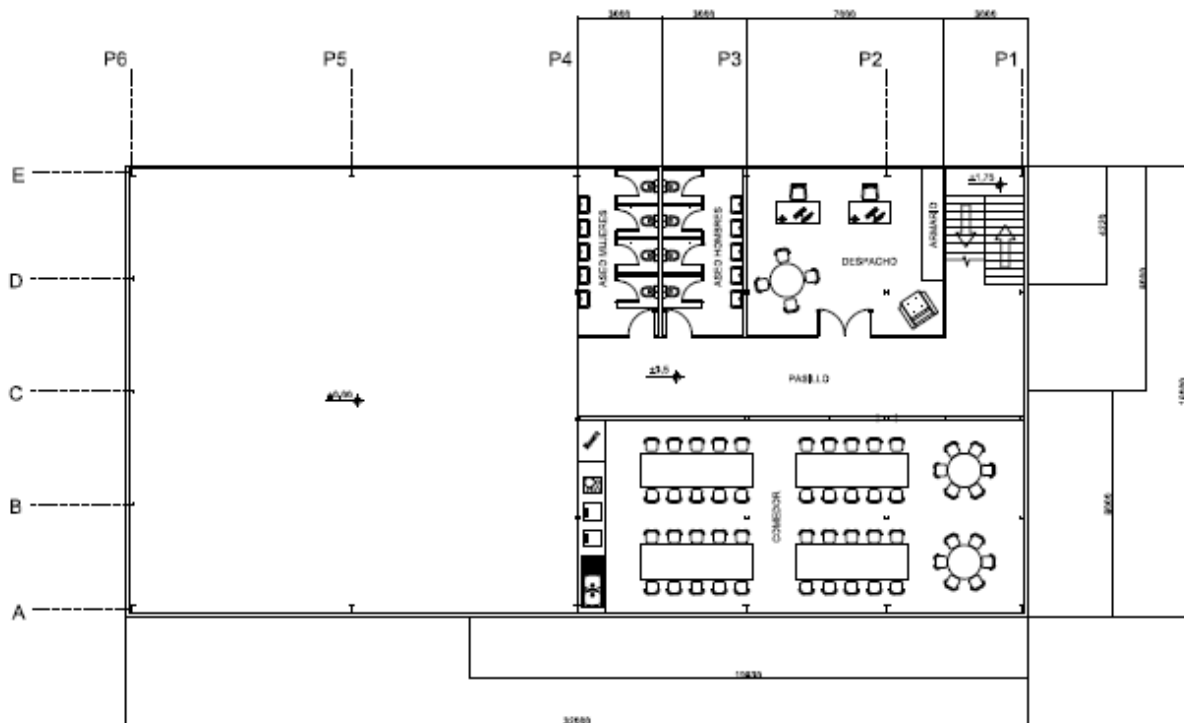


Figura 6. Distribución planta superior

La distribución y diseño de la mencionada nave, tal y como se ha descrito anteriormente, se divide en dos zonas generales bien diferenciadas, la zona de almacén y la zona de esparcimiento y confort.

La zona correspondiente tanto al esparcimiento y confort de los usuarios como a la oficina para asegurarse un correcto control del centro se encuentra ubicada en la primera parte de la nave ocupando el espacio de los tres primeros vanos, y por ende, la totalidad de la entreplanta.

Como se puede observar en planos, se ha llevado a cabo una distribución interior de la misma, siendo ésta definitiva salvo cambios de última hora correspondientes al promotor.

Cabe destacar la estancia de la zona fría, la cual ha de ser la estancia dedicada a la comprobación del correcto estado de las armas a utilizar en el recinto deportivo según normativa interna del propio centro. Es por ello que únicamente habrá de tener acceso a dicha sala el personal autorizado, pues al tratarse de un lugar de manipulación de armas, es de obligatoriedad mantener todas las medidas de seguridad pertinentes.

Por dicho motivo, en el centro de la sala ha de encontrarse instalado un cajón como el de la imagen contigua, completamente forrado con planchas de caucho para evitar posibles accidentes al llevar a cabo la manipulación, siendo de dimensiones variables, si bien para el caso en cuestión se ha optado por un cajón de 1,5 x 0,5 x 0,4 m (largo x ancho x profundidad).



Figura 7. Cajón Zona Fría

Dado que el mencionado centro deportivo a construir tiene como finalidad dar la mayor comodidad a los usuarios, se ha de disponer de dos cajas fuertes de seguridad en las que se pueda albergar un determinado número de cartuchos, los cuales se puedan ofertar a los clientes una vez finalizados con los suyos propios o en caso de olvido para poder proseguir con el ejercicio.

Es por ello que cabe destacar la estancia anteriormente mencionada, pues dadas sus características y la prohibición de entrada a persona ajena al centro, se considera como el lugar ideal para la ubicación de las dos cajas fuertes en cuestión.

Debido al material a salvaguardar, éstas habrán de ser completamente ignífugas y resistentes a posibles explosiones, debiendo ser de máxima seguridad y cumpliendo con la homologación de Grado IV. Con todo ello, se ha procedido con la selección de dos cajas de la casa CAJA10 (Cajas Fuertes y Sistemas de Seguridad), modelo Trident 910 K, 907L, de dimensiones 185 x 125 x 74 cm (altura x anchura x profundidad).



Figura 8. Caja Fuerte de Seguridad Trident 910 K

Los cartuchos vienen servidos en cajas, y estos a su vez en los denominados cajones de cartuchos, los cuales tienen capacidad para acoger una decena de las mismas. Por ende, conociendo tanto las dimensiones de las cajas fuertes como de los cajones de cartuchos, y sabiendo que cada cajón posee la cantidad de 250 cartuchos, cabe la posibilidad de concluir que cada caja fuerte posee la capacidad para albergar 20.000 cartuchos, cifra más que considerable para las pretensiones del centro.

Para finalizar con la zona de confort es necesario destacar el uso de máquinas expendedoras en la sala de reuniones / sala de estar, cuya estancia ha de acoger 3 máquinas expendedoras de snacks, 2 de café y 3 de refrescos para el uso y disfrute de los clientes, pues se trata de un lugar donde se puedan reunir distintos usuarios y tengan la posibilidad de tomar un aperitivo mientras departen en compañía. Dichas máquinas habrán de tener las siguientes dimensiones: 1830 x 803 x 975 mm (altura x anchura x profundidad), observando que han sido consideradas en planos y tienen cabida dentro de la mencionada estancia.



Figura 9. Máquina expendedora de Snacks

A la hora de proceder al análisis de la zona correspondiente al almacén de la nave, cabe destacar que se encuentra ubicado en el espacio requerido por los dos últimos vanos de la nave, situándose en su totalidad en la planta baja y teniendo una superficie útil de 252 m².

Dado que se trata de una zona totalmente diáfana, queda a cargo de los responsables del centro la organización de la misma, si bien se considera muy similar a la indicada en planos, siendo reseñables los siguientes casos a encontrar en la misma:

- ❖ Platos: son los elementos indispensables para poder proceder con la actividad objeto de realizar en el campo de tiro deportivo. Se trata de elementos circulares, con mayor o menor concavidad en el centro del mismo en función del tipo y de la práctica a realizar (pueden diferenciarse hélices, platos standard, platos que una vez lanzados por la máquina puedan dibujar el posible recorrido a seguir por una pieza de caza...). Se trata de platos normalizados, realizados generalmente en arcillas de modo que tengan una cierta resistencia frente a la rotura y que expandan polvo del color del mismo una vez sean alcanzados por el proyectil para una mejor comprobación del acierto.

Los platos a encontrar en la nave serán standard de 110 mm de diámetro y 105 grs de peso, los cuales vendrán facilitados por el fabricante en cajas de 150 unidades, con posibilidad de adquirir palets de 55 cajas.



Figura 10. Forma básica del plato standard

- ❖ Palets: elementos normalizados respecto a normativa europea sobre los que vendrán apoyadas las cajas de platos, de dimensiones 1200 x 800 x 145 mm.



Figura 11. Palet normalizado europeo

- ❖ Máquina lanzaplatos: máquina diseñada para el lanzamiento del plato mediante un sistema de biela – manivela. Se trata de máquinas automáticas donde la carga del resorte y del plato se realiza automáticamente (el plato se deja caer desde un tambor giratorio), siendo capaz de pivotar horizontal y verticalmente para seleccionar la inclinación y dirección de lanzamiento del plato.

La máquina seleccionada para el desarrollo de la actividad en cuestión dispone capacidad para albergar 250 platos, con unas dimensiones de 950 x 760 x 810 mm y un peso en su conjunto de 27 kilogramos, con una velocidad de ciclos ultra rápidos.



Figura 12. Máquina lanzaplatos con capacidad para 250 platos

Además de los elementos analizados previamente, cabe la posibilidad de encontrarse variedad de máquinas para la labor agrícola, tales como un tractor con su correspondiente pala para el desplazamiento de pallets, cargas... una desbrozadora para la limpieza del terreno del campo de tiro, un cortacésped motorizado para el corte de las zonas ajardinadas, barreras o señales, un centro de herramientas con mesa de trabajo incluida para la reparación de la maquinaria, polea para elevación de cargas elevadas y dos contenedores de basura para residuos plásticos y de cartones.

2.3. MEMORIA DESCRIPTIVA

La construcción de esta nave ha de seguir los siguientes pasos:

2.3.1. Accionamiento del terreno, desbroce y limpieza

La parcela sobre la que se va a llevar a cabo la obra se encuentra repleta de vegetación, de modo que se ha de efectuar el arreglo de la misma desmontando y desbrozando el terreno mediante el uso de medios mecánicos, con retirada de la vegetación y demás residuos al vertedero. Tras ello, se ha de realizar un relleno de zahorra natural, la cual debe cumplir los requisitos técnicos necesarios de modo que se facilite su puesta en obra y compactación adecuadas.

Dada la superficie de la nave a proyectar, se concluye que únicamente se ha de ejecutar un pozo de reconocimiento, pues éstos se han de realizar cada 1000 m² de planta, con una profundidad máxima de tres metros bajo la superficie de cimentación. Además, se ha de llevar a cabo una prueba de carga por cada pozo ejecutado sobre placa circular de cincuenta centímetros de diámetro.

En caso de que los datos mencionados no fueran suficientes, la Dirección Facultativa habrá de poder ordenar al Constructor, estando éste obligado, a hacer cuantas calicatas y sondeos se estimasen necesarios.

2.3.2. Explanación, refino y nivelación

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 ha de dar comienzo a las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en planos.

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

Cabe la posibilidad de que todos los materiales obtenidos de la excavación, excepto la tierra vegetal, puedan ser reutilizados en la formación de rellenos y demás usos fijados en este pliego, transportándose directamente a las zonas previstas dentro del solar o al vertedero en caso de no tener aplicación dentro de la obra. De cualquier manera, no se ha de desechar ningún material excavado sin previa autorización.

Durante las diversas etapas de la explanación, las obras se han de mantener en perfectas condiciones de drenaje. Es por ello que el material excavado no se ha de colocar de forma que represente un peligro para posibles construcciones existentes por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

Las operaciones tanto de desbroce como de limpieza se han de efectuar con las precauciones necesarias para evitar daño a las posibles construcciones colindantes y existentes. Los tocones y raíces mayores de 10 cm de diámetro han de ser 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. Por consiguiente, se ha de llevar a cabo el relleno de todos los huecos causados por la extracción de los mismos mediante material análogo al existente, debiendo compactarlos hasta que su superficie se ajuste al nivel requerido.

Se ha de tener en cuenta que no existe obligación por parte del constructor de trocear la madera a longitudes inferiores a 3 m, debiendo darse la ejecución de los trabajos anteriormente mencionados de manera que se produzcan las menores molestias posibles a las zonas habitadas próximas al terreno desbrozado.

La excavación de la explanación ha de abonarse por los m³ realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de la conclusión de los mismos.

2.3.3. Excavaciones, zanjas y pozos

Este apartado está basado en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir el emplazamiento adecuado para las obras de fábrica y estructuras, así como sus cimentaciones, las cuales 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 ha de continuar hasta alcanzar la profundidad en que aparezca el firme, de manera que se obtenga una superficie limpia y firme, a nivel o escalonada según se ordene. No obstante, cabe la posibilidad de que la Dirección Facultativa pueda 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 ha de realizar de tal forma que existan puntos fijos de referencia, tanto de cotas como de nivel, siempre fuera del área de excavación. Es por ello que se ha de llevar en obra un control detallado de las mediciones de la excavación de las zanjas, dándose el comienzo de las mismas cuando existan todos los elementos necesarios para su excavación, incluida la madera para una posible entibación.

Mencionar que el fondo de la zanja ha de quedar libre de tierra, fragmentos de roca, roca alterada, capas de terreno inadecuado o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia, limpiándose las posibles grietas y hendiduras y rellenándose con material compactado u hormigón.

Los productos resultantes de la excavación de las zanjas que sean aprovechables para un relleno posterior se han de 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 ha de profundizar hasta el límite indicado en el proyecto, debiendo cegar o desviar las corrientes o aguas pluviales o subterráneas que puedan presentarse mediante los medios convenientes.

Antes de proceder al vertido del hormigón y la colocación de las armaduras de cimentación, se ha de disponer de una capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor debidamente nivelada, considerándose el importe de la misma incluido en los precios unitarios de cimentación.

La excavación en zanjas o pozos se ha de abonar por los m³ realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de la conclusión de los mismos.

2.3.4. Relleno y apisonado de zanjas y pozos

Consiste en la extensión o compactación de los materiales terrosos procedentes de excavaciones anteriores o préstamos para el posible relleno de zanjas y pozos realizados.

Los materiales de relleno se han de extender en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales, debiendo ser el espesor de dichas tongadas el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga el mismo grado de compactación exigido. La superficie de las tongadas ha de ser horizontal o convexa con una pendiente transversal máxima del 2%.

Una vez extendida la tongada, se ha de proceder a la humectación en caso de que fuera necesario. El contenido óptimo de humedad se ha de determinar en obra a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados obtenidos de los ensayos realizados. En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se han de tomar las medidas adecuadas procediendo incluso a la desecación por oreo o por adición de mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas (cal viva, etc.). Por ende, una vez conseguida la humectación más conveniente, se ha de proceder a la compactación mecánica de la tongada.

En caso de que se hubiera de realizar el relleno sobre terreno natural, en primer lugar se habría de realizar el desbroce y limpieza del terreno, continuando con la excavación y extracción del material inadecuado en la profundidad requerida por el proyecto, y finalizando con la escarificación del terreno para conseguir la debida trabazón entre el relleno y el terreno.

Una vez asentado el relleno sobre el terreno, en caso de ser sobre una superficie con presencia de aguas superficiales o subterráneas, se han de desviar las primeras, captando y conduciendo las segundas antes de comenzar la ejecución. Por último, en caso de que los mismos sean inestables o se dé la aparición de turba o arcillas blandas, se ha de asegurar la eliminación de este material o su consolidación.

2.3.5. Cimentación

Toda la cimentación se ha de realizar con hormigón HA-25, siendo 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.

Entonces, se han de construir las zapatas y las vigas de atado correspondientes que unan éstas entre sí, sobredimensionando en anchura la viga de atado perimetral para dar soporte a un muro de hormigón armado para realizar el remate del panel de cerramiento de los laterales adecuadamente.

Las recomendaciones constructivas que pueden resultar de utilidad para el cálculo de las zapatas son las siguientes:

- Bajo la zapata han de disponerse 10 cm de hormigón de limpieza, apoyándose las armaduras. La excavación de los 20-25 cm inferiores de terreno no ha de llevarse a cabo hasta momentos inmediatamente anteriores al vertido del hormigón de limpieza para impedir el acceso a todo tipo de elementos contaminantes a la zona de cimentación.
- Es muy conveniente disponer de canto constante salvo en grandes zapatas en las que no sea de gran relevancia.

A la hora de llevar a cabo la ejecución de las zapatas se han de dejar embebidos los pernos para la colocación de las placas base para los pilares metálicos.

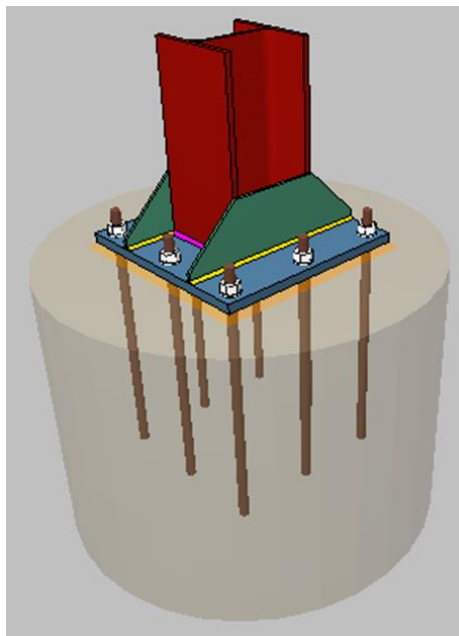


Figura 13. Pernos en zapatas

Tras la colocación de los pilares metálicos se ha de realizar un muro de hormigón alrededor de los mismos a lo largo de todo el perímetro de la nave (salvo puertas) de 1,150 metros de altura, quedando enterrado una profundidad de 1 metro y sobresaliendo 0,150 metros al exterior.

La cimentación, por tanto, ha de quedar enterrada a 1 metro de profundidad, otorgando así una mayor estabilidad a la nave.

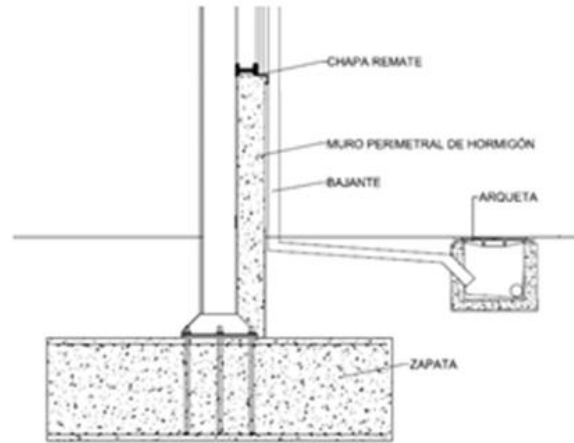


Figura 14. Detalle cimentación y muro de hormigón

2.3.6. Red de saneamiento

Se han de construir arquetas de dimensión mínima 50x50 cm previstas tanto para la evacuación de aguas pluviales como para la evacuación de aguas fecales, debiendo ser todas sifónicas de ladrillo. A su vez, se han de colocar los conductos que componen la red de saneamiento, siendo de PVC tanto los conductos enterrados como los visibles (canalón y bajantes).

2.3.7. Solera

Se ha de nivelar el solar a base de compactación de todo uno mediante medios mecánicos, colocando la lámina de polietileno y el mallazo de reparto antes de proceder a su hormigonado, tras lo cual se habrán de realizar las juntas de contracción.

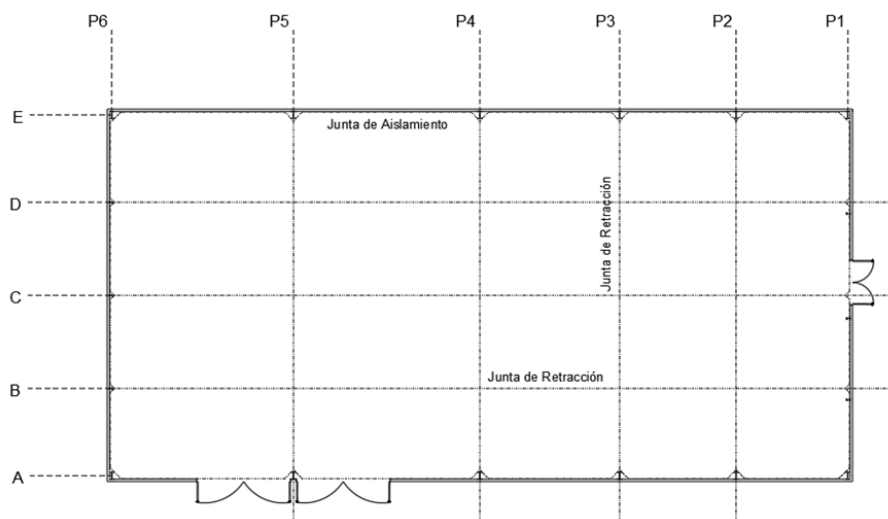


Figura 15. Solera

2.3.8. Montaje estructura principal

La estructura principal viene de fábrica preparada para que su montaje en obra se pueda realizar mediante tornillería, ejecutándose pórtico a pórtico. Las uniones que según el plano requieran soldadura se habrán de realizar en obra.

Una vez montada la estructura principal se ha de proceder a colocar las Cruces de San Andrés y las vigas de atado que unen las cabezas de los pilares, situando tras ello las correas tanto de cubierta como de fachada y los perfiles de las puertas.

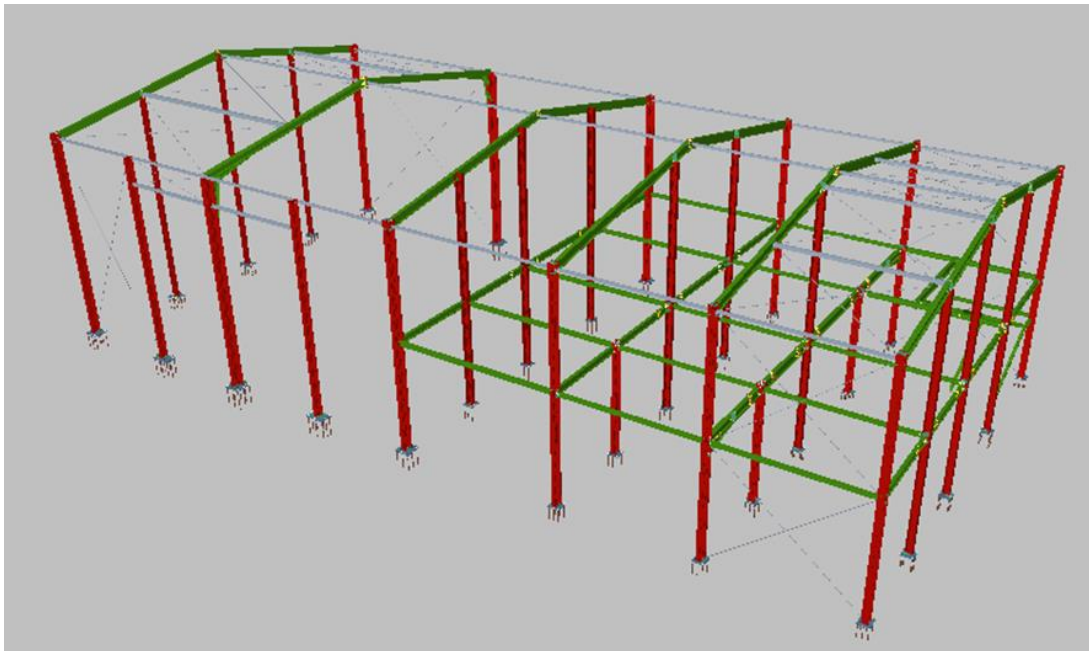


Figura 16. Estructura principal de la nave

En la organización constructiva de una nave industrial se han de distinguir los siguientes elementos:

- ✓ **Correas:** vigas formadas en general por perfiles metálicos laminados o conformados en frío que reciben directamente la cubierta, transmitiendo su peso y cargas (nieve, viento, etc.) a los pórticos transversales sobre los que se apoyan. También se pueden disponer correas en los laterales de la nave, las cuales pueden recibir las cargas horizontales transmitidas mediante los paneles de cerramiento, transmitiéndolas a su vez a los pilares de los pórticos transversales.

- ✓ Pórticos transversales: pórticos formados por pórticos a dos aguas contruidos con piezas de alma llena de sección constante o variable, los cuales resisten tanto las cargas transmitidas por las correas como las cargas de viento perpendiculares al eje longitudinal de la nave recogidas por los pilares.
- ✓ Vigas contraviento: se organizan añadiendo una celosía en cruz de San Andrés o en forma de K enlazando los cordones superiores de las cerchas o de las vigas que forman los dinteles de los pórticos. Se disponen en los vanos extremos o intermedios de la nave.
- ✓ Vigas de arriostramiento o de compresión: perfiles similares a los de los pórticos principales pero de menores dimensiones, colocados cerca de la unión viga-pilar de los pórticos transversales de manera que unan estos pórticos entre sí transmitiendo así las cargas longitudinales hasta los entramados laterales. En el caso de que la nave disponga de junta de dilatación, las vigas de arriostramiento habrán de ser algunos de los elementos longitudinales que deban ser discontinuos en dicho punto.
- ✓ Entramados hastiales: elementos que reciben las acciones debidas al viento de dirección longitudinal y que forman una estructura que soporta el cerramiento frontal de la nave. Estas acciones horizontales se concentran en los pilares que las transmiten a las vigas a contraviento y también directamente a la cimentación.
- ✓ Entramados laterales: constituidos por los pilares de los pórticos principales a los que se les añade una celosía en cruz de San Andrés o en K en uno o más vanos. Aquellos que forman parte de los entramados laterales reciben, además, las cargas horizontales dirigidas en el sentido longitudinal de la nave por las vigas a contraviento.

2.3.8.1. Cerramiento de cubierta y laterales

El cierre de una nave industrial se ha de basar en los cerramientos tanto de cubierta como laterales; los primeros tienen una mayor repercusión en la estructura principal, pues la cubierta ha de poder resistir su peso propio de una manera más directa que los cerramientos laterales, los cuales en algunos casos pueden llegar a apoyarse sobre la cimentación.

Hoy día existe una tendencia a utilizar soluciones prefabricadas debido a su fácil y rápido montaje, además de por la mejora de su durabilidad y posibilidades de creatividad para el proyectista.

- ✓ Durabilidad: no sólo de la estructura, sino también de los materiales de recubrimiento que constituyan la cubierta. Este concepto ha de entenderse en sentido amplio, de modo que, en consecuencia, han de considerarse razones de mantenimiento y recuperación, así como los factores económicos y los relacionados con el período de vida de la cubierta.

- ✓ Resistencia y estabilidad: los elementos y componentes estructurales de la cubierta habrán de diseñarse con la resistencia adecuada para que se mantenga intacta, estable y con una deformación limitada y controlada bajo las tensiones que operen a consecuencia de los pesos propios y las sobrecargas.
- ✓ Impermeabilidad: la cubierta ha de ser adecuada a los condicionantes climáticos y, por consiguiente, ha de asegurar la estanqueidad al agua de lluvia o nieve. La resistencia que presenta una cubierta en su conjunto a las condiciones atmosféricas es función principalmente de su recubrimiento exterior, cuya eficacia depende de la capacidad que tenga la estructura para proporcionar la inclinación adecuada para que el agua discurra y no quede estancada.
- ✓ Aislamiento térmico: se usa con el fin de contribuir al logro de unas temperaturas razonablemente estables y que resulten confortables para la actividad eficaz de los ocupantes del edificio, o bien al logro de la temperatura que sea necesaria para un determinado proceso.
- ✓ Aislamiento acústico: usado con el fin de reducir el sonido aéreo y el proveniente de la caída de la lluvia y del granizo.
- ✓ Protección contra el riesgo de incendio: no sólo de los que se produzcan en el interior del edificio, sino también de los posibles incendios que se puedan producir en el exterior, pues cabe la posibilidad de que las cubiertas puedan incendiarse por su parte exterior debido a la exposición a un calor intenso y a las llamas de los fuegos de las posibles edificaciones adyacentes.
- ✓ Adaptabilidad: los sistemas estructurales de cubiertas difieren en gran manera en sus exigencias de apoyo, de ahí que en el diseño y elección del tipo de cubierta se deban prever posibles alteraciones o ampliaciones en la construcción, siendo este aspecto bastante normal en edificación industrial debido a las necesidades del proceso.

En lo concerniente a los materiales, la variedad es inmensa y su aplicación está condicionada por la tipología de la cubierta y el edificio, es decir, si se trata de una cubierta inclinada o plana, de un edificio industrial, comercial, de viviendas, etc.

Usualmente se utilizan materiales de cubrición como teja, hojas de pizarra, placas de fibrocemento, paneles metálicos... pudiendo darse la combinación de varios de ellos en un mismo cerramiento en función del tipo de cubierta a tratar:

- ✓ Cubierta simple: es la forma más sencilla de cubierta; los paneles apoyan directamente sobre las correas de cubierta y se fijan con tornillos y arandelas de estanqueidad, pudiendo usarse dicha solución en edificaciones en las que no existan exigencias de aislamiento térmico o acústico.

- ✓ Cubierta con aislamiento visto: se añade un aislamiento térmico rígido o semirrígido en la cara inferior de una cubierta simple, acabado en su cara vista con una protección decorativa. Este puede colocarse dejando una cámara de aire con la chapa o inmediatamente bajo ella.
- ✓ Cubierta tipo sándwich: supone una solución más compleja que las anteriores, si bien presenta prestaciones más elevadas; constituida por un perfil interior, un aislamiento y un perfil exterior, se puede realizar de dos maneras: ejecutada “in situ” o prefabricada.

Por otro lado, los cerramientos laterales pueden clasificarse en dos grandes grupos: los tradicionales y los prefabricados. Los primeros suelen ser los cerramientos de fábrica de ladrillo y bloques de hormigón, mientras que en los segundos existe una gama más amplia, clasificándose en pesados o ligeros (PVC, chapa metálica, muro cortina, fibrocemento,...), debiendo cumplir estos últimos tres exigencias principales:

- ✓ Exigencias estructurales: el cerramiento de fachada ha de ser capaz de soportar las acciones horizontales del viento que incidan sobre él, las debidas a su propio peso, los esfuerzos debidos a su dilatación y de la estructura a la que está adosado, así como de contar con una resistencia al fuego adecuada a lo exigido según normativa.
- ✓ Exigencias ambientales: ha de asegurar la estanqueidad frente al agua y la nieve, así como la ausencia de humedades debidas a la condensación, atenuación de las condiciones acústicas desfavorables o establecimiento de la protección térmica adecuada.
- ✓ Exigencias de durabilidad: ha de contar con la capacidad suficiente como para resistir agentes agresivos o abrasivos, así como resultar fácil su mantenimiento y conservación.

2.3.8.2. Correas de cubierta y laterales

Las correas son elementos constructivos que se colocan tanto en la cubierta como en la fachada cuando el material de cerramiento a disponer es ligero. Por consiguiente, éstas han de ser el primer elemento estructural, sin tener en cuenta los cerramientos, que han de absorber tanto las sobrecargas como el peso propio, transmitiéndoselo a los pórticos para que éstos a su vez las retransmitan a la cimentación y de ahí al terreno. Apoyan directamente sobre los dinteles de los pórticos, disponiendo ejiones que faciliten el montaje e impidan su vuelco.

Generalmente se suelen emplear perfiles de acero conformado o perfiles de acero laminado en función de lo que estime oportuno el proyectista según la capacidad de cada perfil y de las necesidades estructurales. El uso de perfiles tales como el IPN, IPE o UPN entre

otros es muy común, pues las correas trabajan principalmente a flexión y este tipo de perfiles tienen muy buen comportamiento en uno de sus planos. En el otro plano, que es normalmente el paralelo a la cubierta o a la fachada, donde se encuentra el denominado eje débil, cabe la posibilidad de disponer tirantillas para reducir la flecha y así también el momento flector. A veces incluso se opta por doblar la sección de perfil adosando dos perfiles iguales que trabajen como si fueran una sola correa, debido a que pueden sufrir un esfuerzo de compresión axial y resultan excesivamente esbeltas en dirección transversal (eje débil). Aunque éstas también sufren un esfuerzo cortante, éste apenas influye en su comportamiento, llegando en ocasiones a despreciarse frente al momento flector.

En lo que a su cálculo se refiere, éstas se han de estudiar como vigas continuas cuyos apoyos coinciden directamente con los pórticos transversales o con las armaduras, aprovechando así mejor el material tanto por las tensiones como por las deformaciones originadas por la flexión frente a las vigas isostáticas. Además, a la hora de dimensionar las correas se ha de tener en cuenta el tipo de fijación que las une a los pórticos, si se ven afectadas por un momento flector o es absorbido por el cerramiento...

2.3.8.3. Pórticos transversales

Son los elementos estructurales de la nave que transmiten los esfuerzos provenientes de las correas al terreno a través de la cimentación. En función de las características de diseño, como puede ser la luz necesaria entre pórticos o las solicitaciones a las que se vea sometida la nave, se pueden catalogar diferentes tipos de pórticos.

En primer lugar, se ha de elegir el tipo de material a utilizar para crearlos, pudiendo ser de hormigón armado, de acero o mixtos, si bien en la elaboración de este proyecto son los metálicos los de objeto de estudio. Se pueden diferenciar dos tipos, los que tienen vigas de alma llena por dinteles o los que están formados por una celosía. Esta clasificación es muy general, pues aparte de todas las diferentes opciones que dan estos dos tipos de pórticos, los pilares también pueden ser de diferentes formas y secciones.

Los pórticos pueden tener muchas y diferentes formas en función de las necesidades constructivas; pueden ser pórticos a un agua o a dos aguas, pórticos adosados o con forma de diente de sierra, con diferentes inclinaciones... Además, en función de la vinculación del pórtico al terreno, éstos pueden ser biempotrados, biarticulados...

Por tanto, para llevar a cabo la elección de un pórtico u otro se han de tener en cuenta los tipos de unión entre viga-pilar, la unión en cumbrera, el anclaje al terreno... según las cuales se pueden tener distribuciones de cargas diferentes, y por ende, necesidades diferentes. Dependiendo de la luz y de las cargas a las que se vean sometidos, cabe la posibilidad de que se puedan instalar perfiles de sección constante como vigas, de sección variable, acarteladas, alveolares, rigidizadas...

2.3.8.4. Uniones y empalmes

Las uniones pueden ser rígidas, articuladas o semirrígidas, realizándose mediante soldadura o tornillos. Para las uniones realizadas en obra es aconsejable el empleo de tornillos de alta resistencia, pues las uniones soldadas resultan difíciles de ejecutar correctamente a la intemperie, ya sea por motivos de tiempo atmosférico desfavorable o por una posición inadecuada del operario, mientras que las uniones atornilladas pueden ser empalmes efectuados con cubrejuntas o con placas de testa.

Para los nudos de esquina existen distintas disposiciones constructivas; si el momento flector en la unión es muy elevado, se han de disponer cartelas para aumentar la sección del material y absorber así el momento flector. También existe la posibilidad de reforzar una unión (o el resto de la viga o pilar) mediante chapas adosadas al alma o mediante rigidizadores cuando los esfuerzos axiales o cortantes posean valores elevados. En el nudo de cumbrera, en caso de que las solicitaciones no sean muy importantes, se puede recurrir a “semiarticulaciones”, ejecutadas cerrando las barras del dintel con dos placas y uniéndolas con una pareja de tornillos dispuestos en el eje normal al plano del pórtico.

2.3.8.5. Vigas contraviento y entramados

La viga contraviento junto con los elementos laterales forman un sistema estable tanto para resistir las cargas como para impedir los desplazamientos longitudinales a los que se encuentra sometida la nave, inmovilizando en las secciones arriostradas las cabezas de las vigas o cordones superiores de las celosías de los pórticos.

La triangulación adoptada recibe el nombre de cruz de San Andrés, si bien existen otros modelos como la triangulación en K. La pared del entramado frontal está formada por un grupo de pilares intermedios (pilarillos), siendo los encargados de soportar directamente las fuerzas del viento que recibe el cerramiento, transmitiéndolas a la viga contraviento y cimentación.

Para los entramados laterales, en caso de que la organización constructiva de la nave sea tal que el material de cierre pueda por sí mismo soportar las solicitaciones, no es necesario disponer arriostramientos. Sin embargo, si el cerramiento a emplear es ligero o no es capaz de resistir dichas solicitaciones, es preciso dar rigidez longitudinal a las paredes, para lo que se ejecutan los arriostramientos. En caso de que las dimensiones de la nave no sean muy grandes, cabe la posibilidad de disponer dos vanos arriostrados, uno en cada extremo, si bien la mayoría de las veces es necesario disponer más de dos.

2.3.9. Entreplanta y escaleras

Se procede con el montaje de 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, contando para ello con la ayuda de placas alveolares.

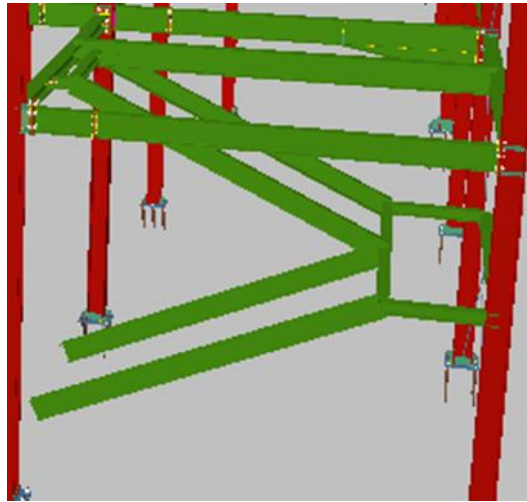


Figura 17. Estructura metálica de las escaleras

2.3.10. Acabados

Se ha de llevar a cabo la realización de los alicatados de los vestuarios y aseos, colocación de paredes, de taquillas, suelo, puertas interiores, barandillas...

2.3.11. Instalaciones

Se procede a la colocación de todos los conductos necesarios para las instalaciones previstas en el edificio, como las tomas de corriente, tuberías, urinarios, lavabos...

2.3.12. Construcción de la nave

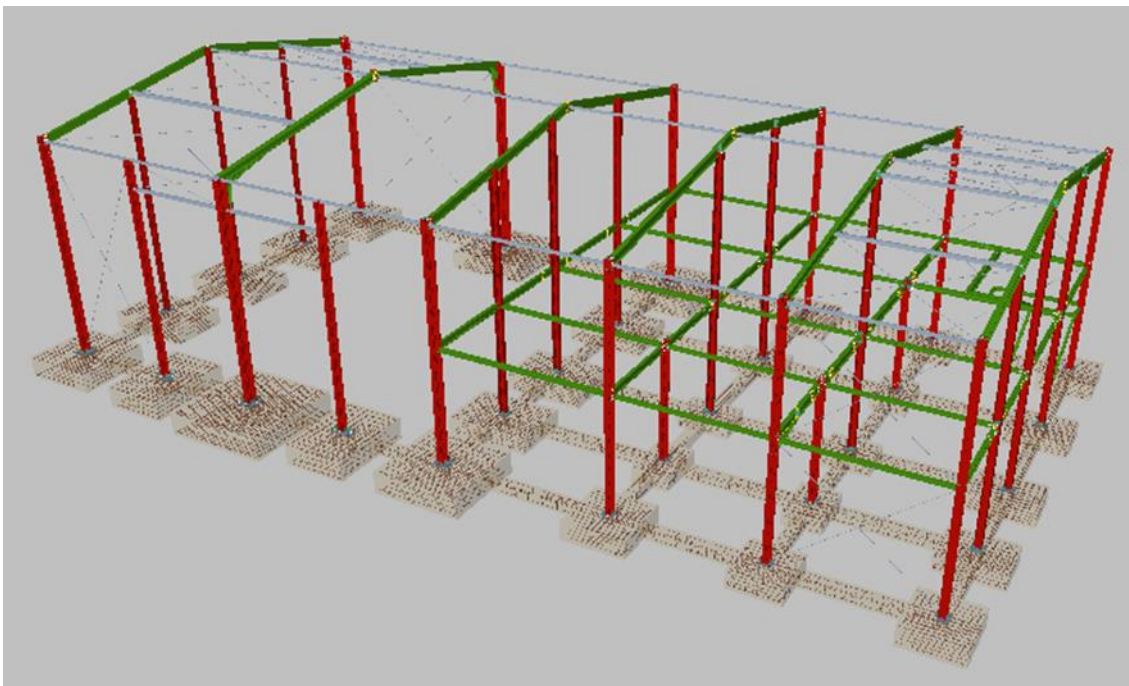


Figura 18. Estructura de la nave y cimentación en 3D (vista izquierda)

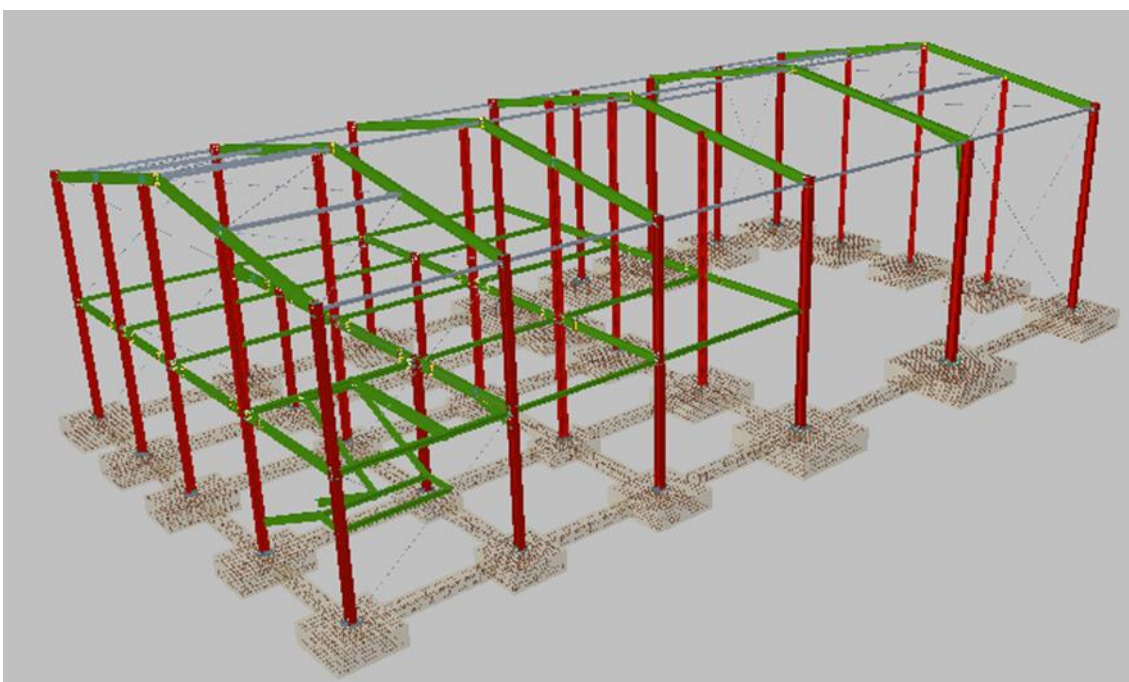


Figura 19. Estructura de la nave y cimentación en 3D (vista derecha)

2.3.12.1. Cimentación

Ésta ha de estar basada en trece tipos distintos de zapatas aisladas y un único tipo de viga de atado, las cuales habrán de construirse mediante hormigón armado de 25 Mpa. (HA-25) con una capa de 10 cm de hormigón de limpieza (HM-20) para la limpieza y nivelado de los fondos de toda la cimentación. Es por ello que el acero para las armaduras ha de ser un acero corrugado B 400 S.

En las zapatas han de ir embebidos pernos de anclaje para los pilares metálicos, estando definidas detalladamente las 13 tipos existentes en el apartado correspondiente de “Planos”, así como las vigas de atado y las correspondientes placas de anclaje.

Mencionar que se ha de proceder a un pequeño sobredimensionamiento en anchura de la viga de atado perimetral para dar soporte a un pequeño muro de hormigón armado, de manera que éste abarque todo el perímetro de la nave a construir excepto las zonas de puertas para facilitar el remate de los cerramientos de los paramentos verticales.

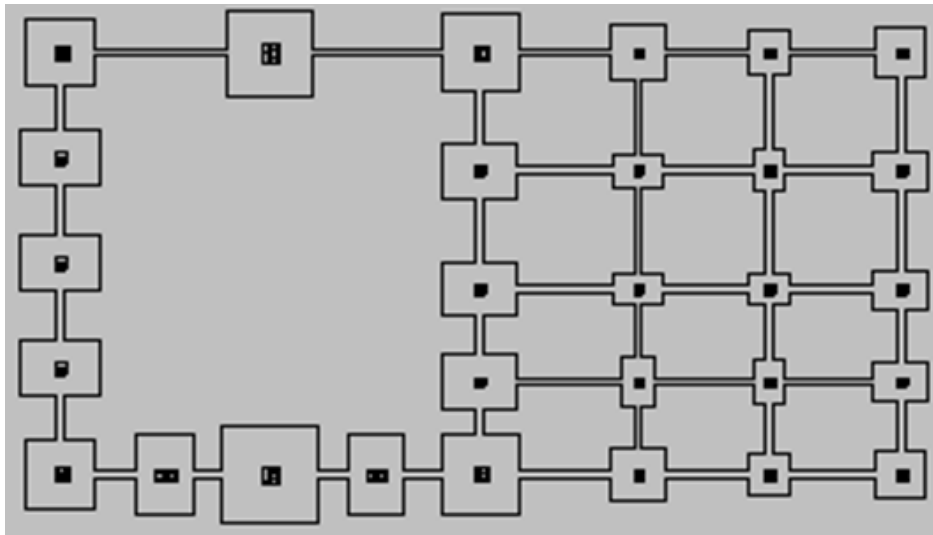


Figura 20. Cimentación

2.3.12.2. Estructura de los pórticos

La estructura de la nave a dimensionar ha de estar formada por 6 pórticos con 16 metros de luz cada uno, siendo los pilares de los mismos de perfiles metálicos. A su vez, decir que como ya se ha mencionado anteriormente y se puede ver claramente en el anexo de “Planos”, se trata de una estructura con distancias variables entre pórticos, obteniendo así una longitud total de 32 metros. Es por ello que se han de diferenciar las dos zonas en las que se divide la nave, procediendo al empleo de perfiles HEB 260 y HEB 300 para la zona del almacén y HEB 220 para la zona de confort y esparcimiento social.

Al igual que los pilares, la estructura a definir en las vigas se ha de componer por perfiles de acero IPE 300 para casi la totalidad de la nave, salvo para las vigas del pórtico 5, las cuales han de ser perfiles de acero HEB 240.

Los pórticos tanto frontal como posterior, es decir, los hastiales, han de disponer de unos pilarillos formados por perfiles metálicos HEB 220 y HEB 180 respectivamente, siendo su función principalmente la de cerrar la nave y no soportar cargas, exceptuando las de viento en dirección longitudinal a la misma. Añadir que los pilarillos ubicados tanto en el pórtico 2 como en los pórticos 3 y 4 han de estar formados por perfiles metálicos HEB 220, pues al contrario que los hastiales, éstos si han de ayudar a soportar las cargas derivadas de la zona de la entreplanta en la que se encuentran.

El acero utilizado para toda la estructura ha de ser un acero S 275 JR, pudiendo observar detalladamente en el documento anexo de “Planos” cada uno de los pórticos que conforman la nave.

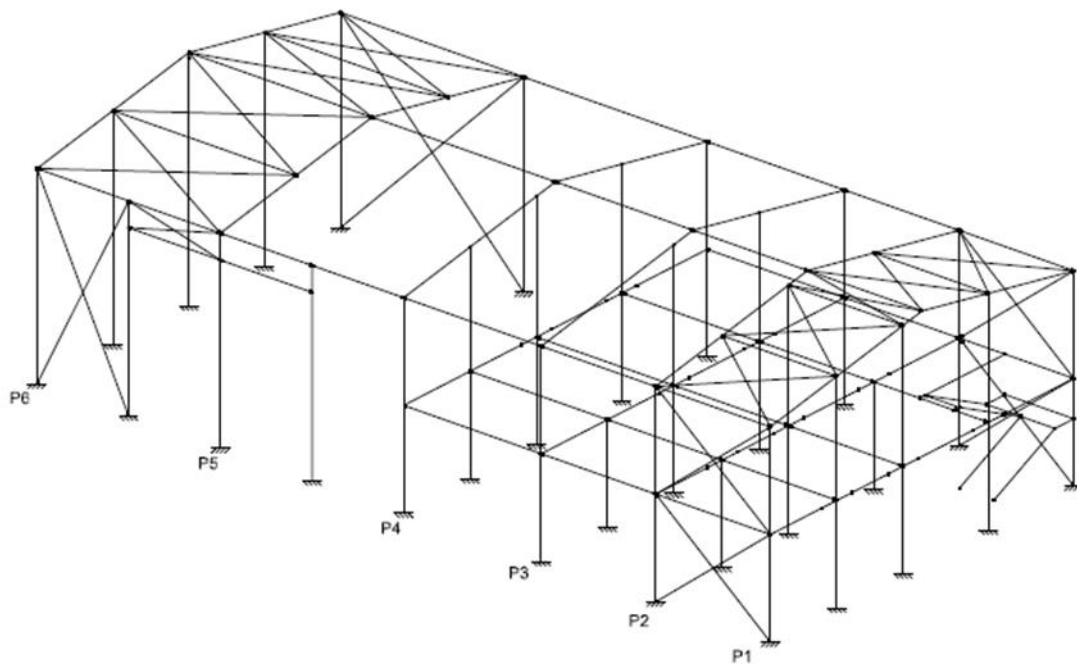


Figura 21. Estructura metálica 3D

2.3.12.3. 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 ha de venir dada por vigas continuas apoyadas sobre 5 vanos, pues de esta forma las flechas producidas por las cargas son mucho menores, esto es, se trata de una disposición más rígida, así como también lo son los momentos flectores que solicitan a la viga, dando como resultado secciones de menores dimensiones.

Por ello, 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 así las correas apoyen directamente sobre los perfiles estructurales.

Para la cubierta inclinada se habrá de adoptar una distancia entre correas de 2,6 metros, dejando una separación de 0,1 metros en ambos extremos. Se ha de calcular de modo que no se sobrepasen los valores admisibles de resistencia ni la flecha máxima admisible, tomándose para dicho valor la relación $L / 300$, donde "L" es la distancia entre apoyos, siendo en el caso en cuestión de 8000 mm.

****Recordar que se ha de asignar la mayor longitud de los distintos vanos existentes en la nave, es decir, la longitud donde las correas sean más críticas.**

Al disponerse de correas como vigas continuas, se han de efectuar empalmes debido a la reducida longitud de los perfiles laminados, realizándose éstos mediante conectores.

Como existen vanos de 8 m, 6 m y 5 m, se han de disponer de juntas de manera que se trabaje con vigas de 8 metros perfectamente manejables, contando con correas de perfil IPE 240.

Las correas de cubierta de la nave han de ir unidas a las vigas IPE 300 y a las HEB 240 mediante tornillería metálica calibrada.

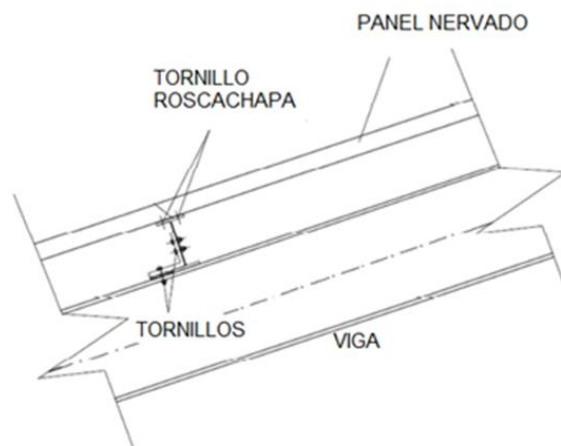


Figura 22. Detalle unión correa - viga

2.3.12.4. Correas laterales

Las correas laterales han de tener una separación inferior a las correas de la cubierta, siendo dicha distancia de 2,3 m debido a criterios de diseño, dejando una separación de 0,05 metros en ambos extremos.

La organización más económica de las correas viene dada por vigas continuas apoyadas sobre 5 vanos, pues de esta forma las flechas producidas por las cargas son menores dado que se trata de una disposición más rígida, así como también lo son los momentos flectores que solicitan a la viga, dando como resultado secciones de menores dimensiones.

Se han de calcular de modo que no se sobrepasen los valores admisibles de resistencia ni la flecha máxima admisible, tomándose para dicho valor la relación $L / 300$, donde "L" es la distancia entre apoyos, siendo para el caso en cuestión de 8000 mm.

Las correas laterales seleccionadas han de ser del tipo de perfil IPE 200, debiendo ir unidas a los pilares HEB 300, HEB 260 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.

A la hora de proceder con su montaje, se ha de tener en cuenta el hueco de las puertas, considerando el mismo sistema de colocación para los pórticos hastiales, en los cuales se han de unir las correas con los pilarillos existentes, teniendo en este caso unas dimensiones de HEB 220 y HEB 180.

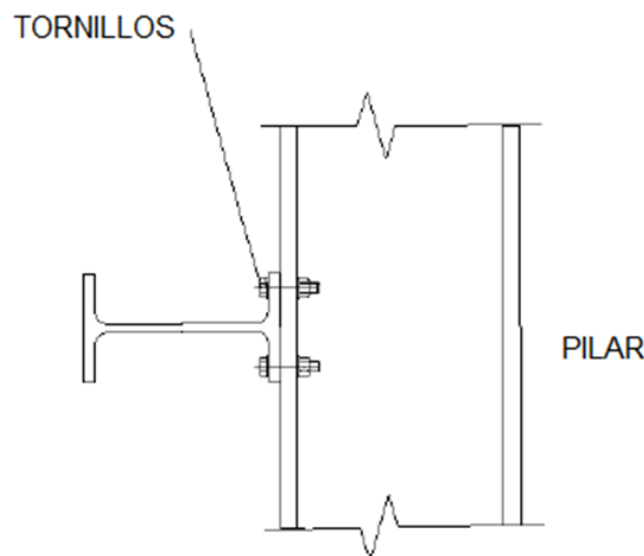


Figura 23. Detalle unión correa – pilar

2.3.12.5. Junta de dilatación

Teniendo en consideración el Código Técnico de la Edificación, se encuentra prohibida la existencia de elementos longitudinales continuos de más de 40 metros de longitud si se desean desprestigiar los esfuerzos producidos por las variaciones térmicas. De este modo, dado que la nave a proyectar no dispone de longitudes mayores a dicho valor, cabe la posibilidad de desprestigiar el uso de las mismas.

2.3.12.6. Forjado de la entreplanta

Los forjados dividen el espacio vertical en sub-espacios, generando diversos planos de utilización dentro del edificio. Se trata de elementos estructurales que reciben directamente las cargas, transmitiendo los esfuerzos a los elementos metálicos. Decir que han de ser capaces de resistir las cargas correspondientes a su uso sin presentar deformaciones ni vibraciones excesivas.

Es por ello que 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: forjados que flectan principalmente en una dirección y que deben apoyarse sobre elementos lineales, tales como correas, muros de carga... También pueden presentar una pequeña flexión transversal, si bien es mucho menor que la flexión principal, pudiendo llegar a ser despreciada en numerosas ocasiones.
- ✓ Forjado bidireccional: forjados que flectan en dos direcciones, por lo que pueden apoyarse sobre elementos lineales o puntuales, tales como pilares, los cuales no tienen por qué estar dispuestos de forma ordenada.

Dadas las características de la estructura de la nave, se ha optado por un forjado unidireccional, el cual ha de apoyar sobre una estructura de entreplanta compuesta por vigas de diferentes perfiles laminados en acero S275 JR, concretamente vigas IPE 300, IPE 240, HEB 120, HEB 140 y HEB 160, con su correspondiente alineación del ala superior para garantizar la planitud en el apoyo del forjado, transmitiendo las solicitaciones a los pilares y retransmitiéndolo éstos a la cimentación.

Dentro de los forjados unidireccionales existen diferentes tipos de soluciones, tales como forjados de chapa colaborante, forjados de placas alveolares o macizas, forjados de bovedillas o viguetas... llevando a cabo su elección en base a los parámetros y consideraciones constructivas pertinentes.

Es por ello que se ha optado por el empleo de placas alveolares del fabricante “Viguetas Navarra”, con un espesor de 20 cm de losa + 5 cm de recubrimiento de hormigón vertido in situ en obra y su correspondiente mallazo de reparto #20 x 30 x R4 B500S, con armadura de negativos en el apoyo central y extremos para garantizar su comportamiento como una viga continua.



Figura 24. Placa alveolar

La entreplanta se ubica sobre los tres primeros vanos de la nave, ocupando una superficie de 256 m². Ésta está apoyada sobre 3 pilarillos en el pórtico hastial a una distancia de 3,5 m entre sí los dos primeros respecto al pilar extremo de la izquierda, estando el otro a una distancia de 4,5 m. Además, se dispone del mismo número de pilarillos intermedios en los pórticos contiguos a éste hasta el final de la entreplanta, colocándose dos de ellos del suelo a la cubierta, quedando el resto unidos entre el suelo y la entreplanta.

2.3.12.7. Escaleras

La escalera que une la planta baja con la primera planta de la zona de despacho, comedor y aseos ha de ser de estructura metálica. Se trata de una escalera en voladizo, con un descansillo intermedio de 3 m de ancho x 1 m de largo, el cual ha de salvar una altura de 3,45 m entre el forjado y la solera.

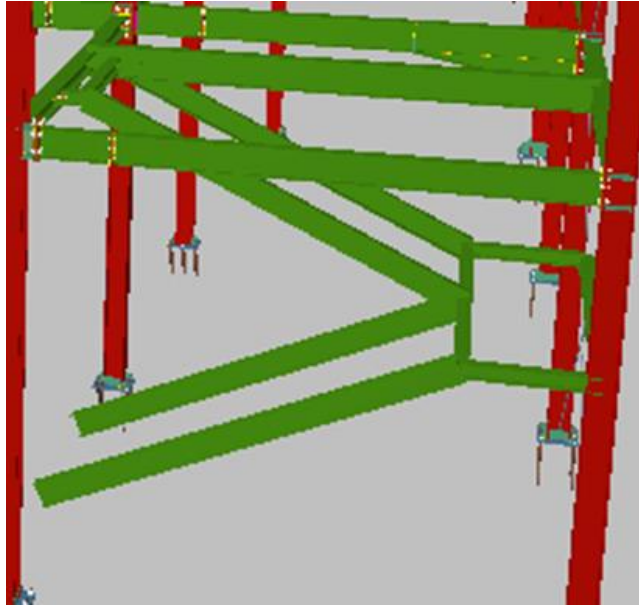


Figura 25. Estructura escaleras

Las zancas de la escalera han de estar formadas por perfiles laminados UPN 220 soldadas a tope, debiendo ser las mesetas superiores y elementos que se unen al pórtico siguiente HEB 120 de forma que se evite el fallo por torsión de la viga.

El piso de las escaleras ha de ser de chapa lagrimada de 5 mm de espesor, debiendo de ir soldado a los perfiles UPN. Se presentan 22 peldaños divididos en los dos tramos existentes, con una huella de 321,8 mm y una contrahuella de 159,1 mm. A su vez, mencionar que las barandillas a colocar han de ser de acero inoxidable AISI 304 con acabado 2B (pulido espejo), compuestas por pasamanos y pies.

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

2.3.12.8. Cerramiento de cubierta

Al proceder a la selección del tipo de panel para el cerramiento de la cubierta, se ha optado por el "Panel Sándwich TZ-C/cubierta" del catálogo "Teczone". Se trata de un panel para cubiertas con núcleo aislante rígido y caras exteriores de chapa perfilada de acero estructural con un alto poder de aislamiento, garantizando la total estanqueidad del cerramiento.



Figura 26. Ilustración Panel Sándwich TZ-C/cubierta

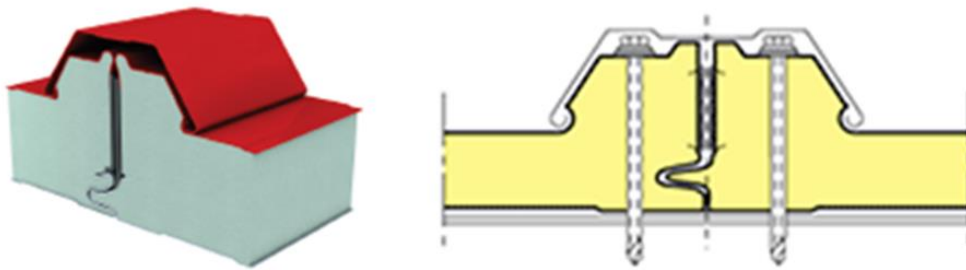


Figura 27. Ilustración del encaje machihembrado y tapajuntas de los paneles

Se ha escogido un espesor de panel de 50 mm, pues el aislamiento térmico relacionado con dicho espesor se ha considerado suficiente para la nave en cuestión. Las características técnicas en cuanto a peso propio de este espesor son:

| DIMENSIONES, PESO Y PRESTACIONES TÉRMICAS | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|---------------------------|
| | | | | | | | |
| Ancho útil | 1.150 mm | | | | | | |
| Longitud de fabricación | Estándar: 2,0 a 13,5 m | | | | | | |
| | Especial: 13,5 a 20 m (transporte especial) | | | | | | |
| Conductividad térmica (PIR) | 0,0195 W/mK | | | | | | |
| Conductividad térmica declarada (PIR) | 0,0217 W/mK (considerando núcleo envejecido) | | | | | | |
| Densidad del núcleo aislante | 40 ± 5 kg/m ³ | | | | | | |
| Espesor núcleo aislante (A) | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 (mm) |
| Peso | 9,9 | 10,3 | 10,7 | 11,1 | 11,9 | 12,9 | 13,5 (kg/m ²) |
| | 11,4 | 11,9 | 12,4 | 12,8 | 13,8 | 14,8 | 15,8 (kg/ml) |
| Transmitancia térmica (PIR) | 0,63 | 0,49 | 0,40 | 0,34 | 0,26 | 0,22 | 0,17 (W/m ² K) |

Figura 28. Características técnicas (peso propio) del panel de cubierta seleccionado.

Tras el cálculo del dato de la carga que ha de soportar el panel ($153,67 \text{ kg/m}^2$), de acuerdo a la tabla de características técnicas, para un espesor de 50 mm se ha de escoger un cerramiento de cubierta con una resistencia de 175 kg/m^2 , el cual permite una distancia entre correas que no supere los 2,8 metros. Por tanto, con ayuda de estos datos y según criterio de diseño, se ha decidido colocar las correas a una distancia de 2,6 metros, de manera que se dejará una separación de 0,1 metros en ambos extremos, restando finalmente 4 correas con 3 vanos.

| TRES APOYOS | Cargas descendentes (daN/m^2) | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|------|------|
| | Esesor (mm) | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
|  | 30 | 4,00 | 3,50 | 3,00 | 2,70 | 2,40 | 2,20 | 2,00 |
| | 40 | 4,30 | 3,80 | 3,30 | 3,00 | 2,70 | 2,50 | 2,30 |
| | 50 | 4,60 | 4,10 | 3,60 | 3,30 | 3,00 | 2,80 | 2,60 |
| | 60 | 4,90 | 4,40 | 3,90 | 3,60 | 3,30 | 3,10 | 2,90 |
| | 80 | 6,00 | 5,25 | 4,80 | 4,45 | 4,15 | 3,95 | 3,80 |
| | 100 | 6,25 | 5,62 | 5,15 | 4,65 | 4,33 | 4,05 | 3,80 |
| | 120 | 6,50 | 6,00 | 5,50 | 4,90 | 4,50 | 4,15 | 3,85 |

NOTA: Flecha máxima admisible $\leq L/200$. $1 \text{ daN/m}^2 = 1 \text{ kg/m}^2$

Figura 29. Elección del cerramiento de cubierta.

2.3.12.9. Cerramiento lateral

Al realizar la selección del tipo de panel para el cerramiento lateral se ha optado por un "Panel Sándwich de fachada TZ-VX/semiliso" del catálogo "Teczone". Se trata de un panel para fachadas con núcleo aislante rígido de poliuretano de alto rendimiento térmico y caras exteriores de chapa perfilada de acero estructural, siendo éstas lisas con tres rigidizadores longitudinales, de modo que le confieren un aspecto con acabado clásico y arquitectónicamente elegante.

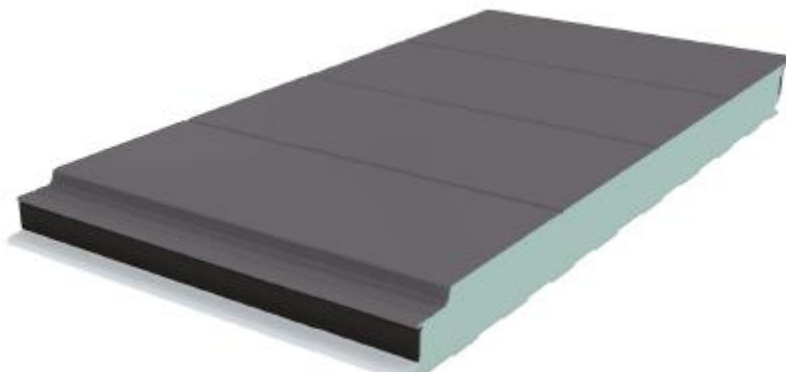


Figura 30. Ilustración Panel Sándwich de fachada TZ-VX

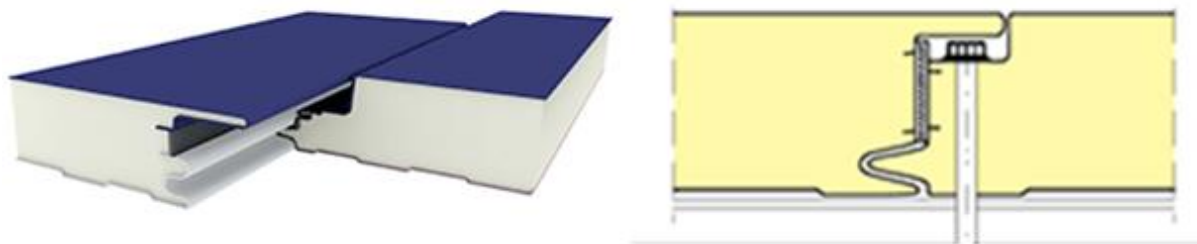


Figura 31. Ilustración del encaje y montaje de los paneles laterales

Se ha escogido un espesor de panel de 40 mm, pues el aislamiento térmico relacionado con dicho espesor se ha considerado suficiente para la nave en cuestión. Las características técnicas en cuanto a peso propio de este espesor son:

DIMENSIONES, PESO Y PRESTACIONES TÉRMICAS

| | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|------|------|------|---------------------------|
| Ancho útil | 1.150 mm | | | | | |
| Longitud de fabricación | Estándar: | 2,0 a 13,5 m | | | | |
| | Especial: | 13,5 a 16 m (transporte especial) | | | | |
| Conductividad térmica (PIR) | 0,0195 W/mK | | | | | |
| Conductividad térmica declarada (PIR) | 0,0217 W/mK (considerando núcleo envejecido) | | | | | |
| Densidad del núcleo aislante | 40 ± 5 kg/m ³ | | | | | |
| Espesor núcleo aislante (A) | 35 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 (mm) |
| Peso | 9,9 | 10,1 | 10,5 | 10,9 | 11,7 | 12,5 (kg/m ²) |
| | 11,4 | 11,6 | 12,1 | 12,6 | 13,5 | 14,4 (kg/ml) |
| Transmitancia térmica (PIR) | 0,63 | 0,54 | 0,43 | 0,35 | 0,27 | 0,21 (W/m ² K) |

Figura 32. Características técnicas (peso propio) del panel lateral seleccionado.

Tras el cálculo del dato de la carga que ha de soportar el panel (131,4 kg/m²), de acuerdo a la tabla de características técnicas, para un espesor de 40 mm se ha de escoger un cerramiento de cubierta con una resistencia de 150 kg/m², el cual permite una distancia entre correas que no supere los 2,90 metros. Por tanto, con ayuda de estos datos y según

criterio de diseño, se ha decidido colocar las correas a una distancia de 2,3 metros, de manera que se dejará una separación de 0,05 metros en ambos extremos, restando finalmente 4 correas con 3 vanos.

TRES APOYOS



Cargas de presión (daN/m²)

| Espesor (mm) | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 35 | 4,00 | 3,50 | 3,15 | 2,95 | 2,75 | 2,65 | 2,50 |
| 40 | 4,20 | 3,65 | 3,30 | 3,10 | 2,90 | 2,75 | 2,65 |
| 50 | 4,50 | 3,95 | 3,60 | 3,30 | 3,10 | 2,95 | 2,85 |
| 60 | 4,80 | 4,20 | 3,80 | 3,50 | 3,30 | 3,15 | 3,00 |
| 80 | 5,25 | 4,60 | 4,20 | 3,90 | 3,65 | 3,45 | 3,30 |
| 100 | 6,50 | 6,00 | 5,55 | 4,90 | 4,50 | 4,15 | 3,85 |

NOTA: Flecha máxima admisible $\leq L/200$. $1 \text{ daN/m}^2 \approx 1 \text{ kg/m}^2$

Figura 33. Elección del cerramiento lateral.

2.3.12.10. Arriostramientos

Para el arriostramiento de los pórticos de la nave se han de colocar redondos de diámetro 16 mm en modo de Cruz de San Andrés, pudiendo observar en planos la disposición de los mismos.

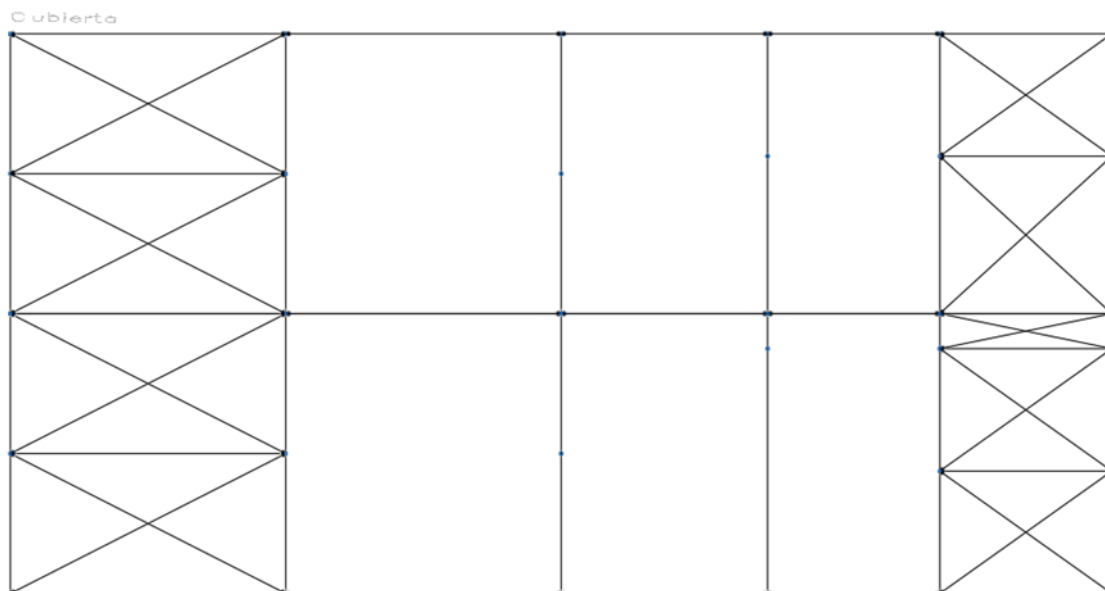


Figura 34. Arriostramientos de cubierta.

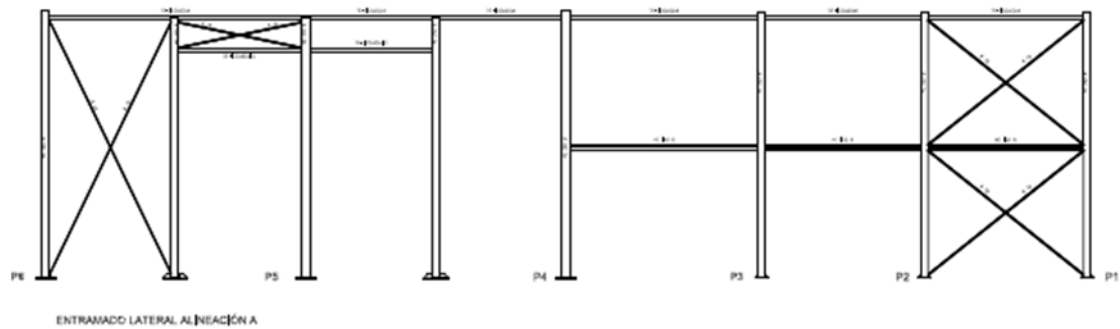


Figura 35. Arriostramientos de lateral izquierdo.

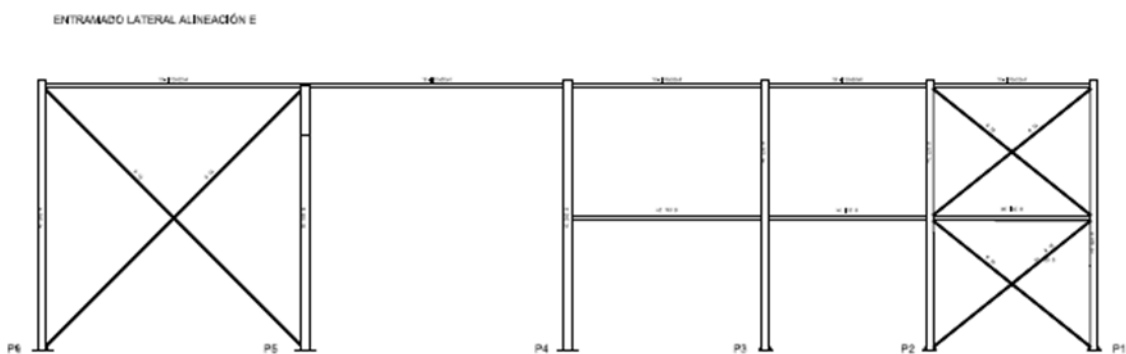


Figura 36. Arriostramientos de lateral derecho.

2.3.12.11. Uniones y empalmes

Las uniones se han de realizar mediante uniones atornilladas con tornillería de alta resistencia, llevando a cabo las soldaduras necesarias en taller para su posterior montaje en obra.

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

Las uniones que requieran ser resueltas mediante soldadura habrán de realizarse in situ con un control exhaustivo de la calidad de la soldadura.

En el documento anexo de planos se pueden observar los diferentes tipos de uniones realizadas en el diseño y cálculo de la estructura.

2.3.12.12. Solera

En el interior de la nave se ha de ejecutar una solera de 512 m² mediante hormigón HA - 25 de 20 cm de espesor y mallazo 20 x 30 R4 B500S. Se ha de utilizar material de cantera como sub base, así como una lámina de PVC para su impermeabilización, llevando a cabo cortes de 2 mm para realizar las juntas de retracción correspondientes.

2.3.12.13. Puerta basculante

Para la entrada y salida de material / herramientas se han de colocar en el lateral izquierdo de la nave dos puertas basculantes abatibles con puerta para peatones de la casa MPA Sistemas, las cuales han de tener una medida de 4 m de ancho x 6 m de alto.



Figura 37. Puerta basculante.

2.3.12.14. Puertas de paso

Las puertas interiores han de ser fenólicas de medidas 100 cm x 207 cm las simples y de 200 cm x 207 cm las puertas correderas correspondientes al comedor y sala de reuniones / sala de estar, mientras que las puertas de salida del edificio al exterior han de contar con barra anti pánico, teniendo unas medidas de 100 cm x 207 cm.



Figura 38. Puerta exterior con barra anti pánico.

2.3.12.15. Pinturas

Para la protección de la estructura frente al óxido se ha de aplicar una imprimación de pintura anti óxido, seguido de un pintado con pintura intumescente que garantice una protección R30 de color blanca para metal, RAL 5026.

2.3.12.16. Canalón y bajantes

El cálculo del canalón se ha llevado a cabo según las recomendaciones de la NTE-ISS. Por ende, tras la realización del estudio competente, se ha concluido que se ha de colocar un canalón de PVC de espesor 1.5 mm y sección equivalente de $\varnothing 200$ mm con al menos un 1% de caída, con 3 bajantes por lado también de PVC de $\varnothing 90$ mm.

2.3.12.17. Alicatados

El alicatado de los vestuarios y aseos se ha de realizar mediante azulejo de color blanco de 20cm x 20cm, siendo recibido con mortero de cola.

2.3.12.18. Pavimento

El pavimento de los vestuarios y aseos se ha de realizar mediante la colocación de gres porcelánico, siendo recibido con mortero de cemento.

2.3.13. Particiones interiores

Se habrán de levantar los tabiques contemplados para los aseos, vestuarios, oficina, despacho, comedor, secretaría, zona fría y sala de reuniones / sala de estar.

2.3.14. Acabados

Se han de realizar los alicatados de los aseos, colocación de solado de gres, rasados, taquillas, puertas interiores...

2.3.15. Instalaciones

Se ha de proceder con la colocación de todos los conductos necesarios para las instalaciones previstas en el edificio.

2.4. NORMAS Y REFERENCIAS

2.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

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

El principal marco normativo a seguir en todo momento durante la ejecución de este proyecto ha de ser el Código Técnico de la Edificación (CTE), pues 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 del 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación (LOE).

Dentro del mencionado código, 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, definidas en forma de métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica.

En la realización de este proyecto cabe destacar particularmente los siguientes Documentos Básicos:

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

Éste tiene como objetivo asegurar que el edificio tenga 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):

Destinado a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero de edificación, 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):

Tiene como finalidad determinar las acciones sobre los edificios para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y su 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 afecte 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 Y ACCESIBILIDAD (SUA):

Tiene como objetivo limitar el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatamente durante el uso previsto de los edificios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

✓ Documento Básico de SALUBRIDAD (HS):

Mediante el uso del mencionado documento 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):

Su finalidad es la de limitar 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):

Ayuda a conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización en el edificio, reduciendo así su consumo a límites sostenibles, logrando a su vez que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable.

Según lo expuesto en relación al Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio, este proyecto ha de cumplir las directrices establecidas en el Reglamento de Seguridad Contra Incendio en los Establecimientos Industriales (Real Decreto 2267/2004), el cual establece los requisitos que han de cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, pues el ámbito de aplicación de esta normativa incluye a los establecimientos destinados al almacenaje.

Por consecuente, este reglamento 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.

En otro orden de cosas, teniendo en cuenta que el material prioritario tanto en la cimentación de la nave como en el forjado de la entreplanta es el hormigón armado, también ha de ser de obligado cumplimiento la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, la cual proporciona procedimientos que demuestran su cumplimiento con suficientes garantías técnicas. Es necesario añadir que de igual manera es de obligatorio cumplimiento la Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-08) según Real Decreto 956/2008 del 11 de Septiembre, el cual define las prescripciones técnicas generales que deben satisfacer los cementos y los métodos de ensayo para comprobarlas, las necesarias 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.

Haciendo referencia al urbanismo, el mencionado estudio está realizado en base a la Normativa Urbanística Municipal de Gumiel de Izán, la cual tiene por objeto establecer la ordenación urbanística general en todo el territorio del término municipal y la ordenación urbanística detallada en el suelo urbano para el que se ha considerado oportuno habilitar su ejecución directa, conforme a lo dispuesto en la Ley de Ordenación de Medidas sobre Urbanismo y Suelo de Castilla y León 4/2008, a fin de procurar un marco de habitabilidad adecuado y coherente con el resto de actividades que inciden en la ordenación y desarrollo territorial.

Respecto al Control de Calidad, este proyecto cumple con lo establecido en el Decreto 45/2009 del 9 de junio, por el que se aprueban definitivamente las Directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad de Castilla y León, 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 €.

Este proyecto está realizado de manera que también cumpla con el Real Decreto 173/2010 del 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación en materia de accesibilidad, estableciendo 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.

A su vez, en lo que respecta al ámbito de la seguridad en el trabajo, este proyecto respeta tanto la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995) como las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, cumpliendo con lo exigido.

Por último, destacar que de manera más general este proyecto acata las Normas sobre Redacción de proyectos y dirección de Obras de Edificación según el Decreto 462/1971, 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.

Ha de constar que el estudio del proyecto en cuestión cumple con el Decreto 105/2008 del 1 de Febrero, el cual regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. También mencionar que, de manera no obligatoria, este proyecto ha de respetar las Normas Tecnológicas de la Edificación, las cuales regulan cada una de las actuaciones que intervengan en el proceso edificatorio: diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento, si bien su carácter es puramente instructivo.

2.4.2. Bibliografía

2.4.2.1. Libros

- ✓ “Arte de proyectar en arquitectura”, Ernest Neufert.
- ✓ “Acero laminado: Prontuario”, Nicolás Larburu.
- ✓ Apuntes de Teoría de Estructuras y Construcciones Industriales 2017/2018.
- ✓ Apuntes de Elasticidad y Resistencia de Materiales 2017/2018.
- ✓ Apuntes de Mecánica aplicada 2017/2018.

2.4.2.2. Páginas web

- ✓ <http://www.gumieldeizan.es>
- ✓ <https://www.boe.es/>
- ✓ <https://www.teczone.es>
- ✓ <https://www.viguetasnavarra.com>
- ✓ <https://www.autodesk.eu/>
- ✓ <http://www.cype.es>
- ✓ <http://www.addi.ehu.es>
- ✓ <http://www.codigotecnico.org>
- ✓ <http://www.aenor.es>
- ✓ <http://www.soloarquitectura.com/foros>
- ✓ <http://www.generadordeprecios.info/>

2.4.2.3. Prontuarios y catálogos

- ✓ Prontuario de paneles “TecZone”.
- ✓ Prontuario de perfiles de acero IPE, HEB, UPN.
- ✓ Prontuario de forjados de losa alveolar VIGUETAS NAVARRA.
- ✓ Prontuario puertas industriales.

2.4.3. Programas de cálculo

2.4.3.1. Programa CYPE 2017

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 ha de utilizar el subprograma “Generador de pórticos”, aplicación que permite al usuario diseñar las correas

metálicas tanto de cubierta como de los laterales de la nave en función de las cargas a las que esté sometida la estructura en cuestión. Además, permite generar la geometría del pórtico tipo en dos dimensiones, considerando cargas y coeficientes de pandeo según la descripción y normativa seleccionada.

Para el posterior cálculo de los perfiles de las barras que conforman el pórtico, es necesaria la exportación del fichero a la que sería la segunda fase 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 dadas se realiza mediante un cálculo espacial en 3D mediante métodos matriciales de rigidez, de manera que se formen todos los elementos que definen la estructura, tales como pilares, vigas, cimentación, etc.

El mencionado 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, estableciendo para ello 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. Entonces, planteando las ecuaciones de equilibrio correspondientes, se establece un sistema matricial de ecuaciones cuyas incógnitas son los desplazamientos. Por tanto, una vez conocidos dichos desplazamientos y su relación con los esfuerzos en los nudos, se calculan los esfuerzos en los extremos de las barras.

Ahora bien, al tratarse de una idealización de la estructura, el modelo de cálculo se aproxima lo máximo posible al comportamiento real de la misma, si bien existen factores que impiden que la fiabilidad ante dichos cálculos sea total. A modo de ejemplo, las acciones que actúen sobre la estructura pueden ser diferentes a las cargas supuestas inicialmente, o incluso durante la ejecución de la obra la estructura puede sufrir algún cambio. Aun así, estas posibles diferencias entre la estructura real y el modelo de cálculo se pueden salvar prácticamente en su totalidad mediante la aplicación estricta de la normativa existente y mediante la experiencia del técnico.

2.4.3.2. Software CESPLA

Programa utilizado para llevar a cabo el cálculo de las solicitaciones del forjado de la entreplanta en su comportamiento como viga continua apoyada sobre cuatro apoyos con tres vanos.

2.4.3.3. Software AUTOCAD 2017

Programa de CAD utilizado para llevar a cabo la realización de los planos necesarios para definir el proyecto en cuestión.

2.4.3.4. Software PRESTO 8.8

Programa utilizado para la realización del presupuesto de la obra del proyecto en cuestión.

2.5. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

La configuración del Programa de Control se ha llevado a cabo según el Decreto 209/2014 del 28 de Octubre por el que se regula el Control de Calidad en la construcción. Éste 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.

Por consiguiente, en dicho Programa de Control de Calidad se han de especificar tanto las características de los materiales como las mediciones correspondientes a los mismos ya definidos con anterioridad en el proyecto, así como la composición y número de lotes a ensayar de cada uno de ellos.

Una vez terminada la elaboración del Programa de Control se ha de visar por el Colegio Oficial correspondiente, formando parte del proyecto definitivo.

Para la realización de los ensayos, análisis y pruebas se ha de contratar, con el debido conocimiento y aceptación de la Dirección Facultativa, los servicios de un Laboratorio de Ensayos debidamente acreditado, trasladando el “Programa de Control de Calidad” al mismo antes del comienzo de la obra con el fin de coordinar de manera eficaz el control de calidad. Una vez comenzada la obra, la Dirección Facultativa ha de anotar 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.

Con el objetivo de que el Constructor posea conocimiento de los resultados de los ensayos, han de quedar reflejados tanto en el “Libro de Control de Calidad” como en el correspondiente “Libro de Órdenes” los criterios a seguir en cuanto a la aceptación o no de materiales o unidades de obra en caso de existir resultados discordes con la calidad definida en el Proyecto, así como cualquier cambio con respecto a lo recogido en el Programa de Control.

Finalmente, para la expedición del “Certificado Final de Obra”, documento oficial que garantiza el control realizado, se ha de presentar en el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos correspondiente el “Certificado de Control de Calidad”, siendo preceptivo para su visado la aportación del “Libro de Control de Calidad”.

2.6. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

La presencia del riesgo de incendio en los establecimientos industriales determina la probabilidad de que se desencadenen incendios, los cuales son generadores de daños y

pérdidas tanto para las personas como para sus patrimonios, afectándoles directamente tanto a ellos como a su entorno.

Por ende, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio se encarga de regular las condiciones de protección contra incendios en los establecimientos industriales con carácter horizontal, es decir, en aquellos que sean de aplicación en sectores de la actividad industrial, dictando el “REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES” el 3 de Diciembre de 2004, cuyo objetivo 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 y como vienen definidas en el punto 1 del artículo 3 de la ley 21/1992, del 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.

Para la realización del diseño de las medidas y sistemas de protección contra incendio de la nave a proyectar se han de seguir, por tanto, las siguientes normas:

- Documento básico de Seguridad en caso de incendio CTE DB SI
- REAL DECRETO 2267/2004 del 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Consecuentemente, aplicando el Real Decreto 2267/2004 a la nave a proyectar, la cual está destinada a servir como edificio anexo a un campo de tiro al plato (su finalidad es la de dar el servicio de almacenaje necesario del campo de tiro, así como la de dar un servicio de confort y esparcimiento social a los clientes), y teniendo en cuenta que el establecimiento ocupa todo un edificio, encontrándose éste a una distancia superior a 3 metros de los edificios colindantes, libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar incendios, se puede concluir que pertenece al grupo de establecimientos del tipo C.

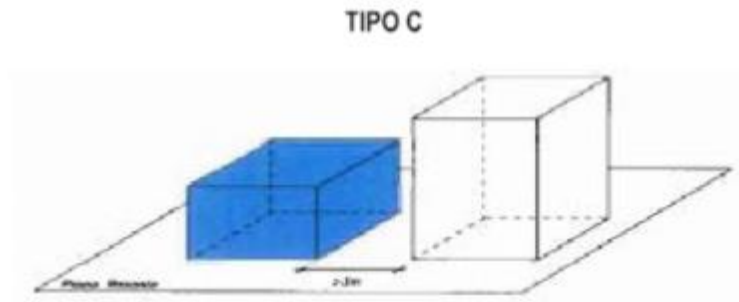


Figura 39. Establecimiento industrial tipo C

Condiciones de compartimentación en sectores de incendio

Si el edificio posee más de una planta, la superficie construida de cada sector de incendio no debe exceder de 4.000 m², mientras que en caso de tener una única planta no es preciso que esté compartimentada en sectores de incendio. En este caso, la superficie total es de 512 m² de planta, siendo de 256 m² la de entreplanta. Por dicho motivo, sólo se considera un único sector de incendio, pues la entreplanta no figura como piso completo.

A continuación, procede explicar el modo de establecer el Riesgo Intrínseco del establecimiento mediante el cálculo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida.

Los establecimientos industriales se han de caracterizar, además de por su configuración y ubicación con relación a su entorno, por su nivel de riesgo intrínseco (NRI), evaluándose mediante el cálculo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de los distintos sectores o áreas de incendio que configuren el establecimiento industrial según la siguiente expresión:

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

Como alternativa a la expresión anterior, y para simplificar el cálculo, cabe la posibilidad de evaluar la densidad de carga de fuego ponderada y corregida, Q_s , del sector de incendio mediante la aplicación de la siguiente expresión para actividades de almacenamiento:

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

, donde atendiendo a la descripción de variables:

- ✓ Q_s = densidad de carga de fuego ponderada y corregida del sector o área de incendio en MJ/m^2 o Mcal/m^2 .
- ✓ G_i = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).
- ✓ q_i = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg , de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio.
- ✓ C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- ✓ h_i = altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.
- ✓ s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con distinto tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m^2 .
- ✓ R_a = 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... Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se habrá de tomar 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^2 .
- ✓ q_{vi} = carga de fuego aportada por cada m^3 de cada zona con distinto tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en MJ/m^3 o Mcal/m^3 .

En el caso de la nave a proyectar cabe la posibilidad de considerar una única zona de sector de incendio, de modo que se podría concluir que $s_i = 512 \text{ m}^2$.

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

| ALTA | MEDIA | BAJA |
|---|--|--|
| - Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 | - Líquidos clasificados como subclase B ₂ en la ITC MIE-APQ1. | - Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. |
| - Líquidos clasificados como subclase B ₁ en la ITC MIE-APQ1. | - Líquidos clasificados como clase C en la ICE MIE-APQ1. | |
| - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una 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. | | |
| $C_i = 1,60$ | $C_i = 1,30$ | $C_i = 1,00$ |

Figura 40. Tabla 1.1 (valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i)

Dado que la nave a construir tiene como parte de finalidad la de almacenar las herramientas y materiales a utilizar en el campo de tiro al plato que se plantea llevar a cabo, lo ideal es ponerse en la situación más desfavorable, quedando definido el grado de peligrosidad en función del producto con el valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad más alto.

Por ello, teniendo en cuenta que aparte de la maquinaria y herramientas, los elementos más susceptibles a encontrarse dentro del mismo son los platos de tiro, los cuales están compuestos de arcillas, vistas sus características físico-químicas se puede concluir que tienen una temperatura de ignición superior a los 200 °C, considerando así el valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad de la nave como bajo.

Tanto los valores de la densidad de carga de fuego media, q_{si} , de los elementos como el riesgo de activación asociado, R_a , han de obtenerse de la tabla 1.2. mostrada a continuación.

| Actividad | Fabricación y venta | | | Almacenamiento | | |
|--|---------------------|---------------------|-------|-------------------|---------------------|-------|
| | Q_s | | R_a | q_v | | R_a |
| | MJ/m ² | Mcal/m ² | | MJ/m ³ | Mcal/m ³ | |
| 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 | | | |
| Acetileno, llenado de botellas | 700 | 168 | 1,5 | | | |
| Depósitos Merc. incomb. en cajas de madera | | | | 200 | 48 | 1,0 |
| Depósitos Merc. incomb. en cajas de plástico | | | | 200 | 48 | 1,0 |
| Depósitos Merc. incomb. en casilleros de madera | | | | 100 | 24 | 2,0 |
| Depósitos Merc. incomb. en estanterías de madera | | | | 100 | 24 | 1,0 |
| Depósitos Merc. incomb. en estanterías metálicas | | | | 20 | 5 | 1,0 |
| Depósitos Merc. incomb. en paletas de madera | | | | 3.400 | 817 | 2,0 |

Figura 41. Tabla 1.2 (valores de densidad de carga de fuego media y riesgo de activación asociado)

2.6.1. Cálculo

$$R_a = 2,0$$

$$C_i = 1,0$$

$$h_i = 1 \text{ m}$$

$$q_{vi} = 3.400 \text{ MJ/m}^3$$

$$A = 512 \text{ m}^2 \text{ (Superficie construida del sector de incendio)}$$

$$s_i = 512 \text{ m}^2 \text{ (Superficie construida del sector de incendio)}$$

$$Q_s = \frac{3.400 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}\right) \cdot 1,0 \cdot 1 \text{ (m)} \cdot 512 \text{ (m}^2)}{512 \text{ (m}^2)} \cdot 2 = 6.800 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}\right)$$

Por tanto, la densidad de carga de fuego ponderada y corregida habrá de ser de 6.800 MJ / m².

Entonces, con el valor de carga de fuego obtenido, acudiendo a la tabla 1.3 del reglamento técnico se puede concluir:

| Nivel de riesgo intrínseco | | Densidad de carga de fuego ponderada y corregida | |
|----------------------------|---|--|---------------------------|
| | | Mcal/m ² | MJ/m ² |
| 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 | $3.200 < Q_s$ | $13600 < Q_s$ |

Figura 42. Tabla 1.3 (nivel de riesgo intrínseco)

$3.400 < 6.800 \leq 6.800$, lo cual implica que el nivel de riesgo intrínseco es ALTO 6.

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 la nave en cuestión, en particular, el entorno inmediato, sus accesos, sus huecos en fachada... han de posibilitar y facilitar la intervención de los servicios de extinción de incendios.

Así, 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. Por ello, los viales de aproximación a éstas han de cumplir con las siguientes condiciones:

- Anchura mínima libre: 5 m.
- Altura mínima libre o gálibo: 4,50 m.
- Capacidad portante del vial: 2000 kp/m².

2.6.2.2. Máxima superficie construida admisible en cada sector de incendio

La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio ha de ser la indicada en la tabla 2.1 del Real Decreto 2267/2004.

| Riesgo intrínseco del sector de incendio | Configuración del establecimiento | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | TIPO A (m ²) | TIPO B (m ²) | TIPO C (m ²) |
| 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 |
| 4 | 400 | 3000 | 4000 |
| 5 | 300 | 2500 | 3500 |
| ALTO | NO ADMITIDO | (3) | (3)(4) |
| 6 | | 2000 | 3000 |
| 7 | | 1500 | 2500 |
| 8 | | NO ADMITIDO | 2000 |

Figura 43. Tabla 2.1 (Riesgo intrínseco del sector de incendio)

En el caso de la nave a construir, teniendo en cuenta que el edificio en cuestión consta de la configuración TIPO C y de nivel de riesgo intrínseco ALTO 6, no se pueden superar los 3.000 m² de superficie construida.

2.6.2.3. Materiales

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción han de definirse en función de la clase que han de 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".

Por tanto, las condiciones de reacción al fuego aplicable a los elementos constructivos se han de justificar:

- a. en primer lugar, mediante la clase que figure en cada caso conforme a la nueva clasificación europea.
- b. en segundo lugar, mediante la clase que figure entre paréntesis conforme a la clasificación que establece la norma UNE-23727.

✓ Productos de revestimiento

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial han de ser:

- en suelos: CFL-s1 (M2) o más favorable.
- en paredes y techos: C-s3 d0 (M2), o más favorable.

Además, mencionar que los materiales de revestimiento exterior de fachadas han de ser 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, han de ser, 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... han de ser de la clase C-s3 d0 (M1) o más favorable, debiendo ser los cables no propagadores de incendio y con emisión de humo y opacidad reducida.

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

A su vez, mencionar que los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos se han de considerar 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 vienen definidas por el tiempo, en minutos, durante el que dicho elemento ha de 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 del 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 técnico.

Es por ello que considerando que se trata de una nave industrial de cubierta ligera, clasificada como tipo C y de riesgo intrínseco alto 6, puede concluirse que la estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes habrá de ser R 30 (EF-30).

| Nivel de riesgo intrínseco | Tipo B | Tipo C |
|----------------------------|---------------|---------------|
| | Sobre rasante | Sobre rasante |
| Riesgo bajo | R15 (EF-15) | NO SE EXIGE |
| Riesgo medio | R 30 (EF-30) | R15 (EF-15) |
| Riesgo alto | R 60 (EF-60) | R30 (EF-30) |

Figura 44. Tabla 2.3 (Estabilidad al fuego de elementos estructurales)

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 vienen definidas por los tiempos durante los que dicho elemento ha de 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 del 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión:

- i. capacidad portante R.
- ii. integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- iii. aislamiento térmico I.

Estos tres supuestos han de considerarse equivalentes con los especificados en la norma UNE 23093, esto es, con:

- i. estabilidad mecánica o capacidad portante.
- ii. estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- iii. no emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.
- iv. aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establezca la norma correspondiente.

Los elementos compartimentadores móviles no han de ser asimilables a puertas de paso a efectos de la reducción de su resistencia al fuego. Por ello, todos los huecos tanto horizontales como verticales que comuniquen un sector de incendio con un espacio exterior a él han de ser sellados de modo que mantengan una resistencia al fuego que no sea menor que:

- i. la resistencia al fuego del sector de incendio cuando se trate de compuertas de canalizaciones de aire de ventilación, calefacción o acondicionamiento de aire.
- ii. la resistencia al fuego del sector de incendio cuando se trate de sellados de orificios de paso de mazos o bandejas de cables eléctricos.
- iii. 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.
- iv. la resistencia al fuego del sector de incendio cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos inflamables o combustibles.
- v. un medio de la resistencia al fuego del sector de incendio cuando se trate de tapas de registro de patinillos de instalaciones.
- vi. la resistencia al fuego del sector de incendio cuando se trate de cierres practicables de galerías de servicios comunicadas con el sector de incendios.

- vii. 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 ha de asegurar que el espacio interno que deje la tubería al fundirse o arder también quede sellado.

Más no ha de ser necesario el cumplimiento de los requisitos de la aclaración anterior 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.

Es por ello que se ha de acreditar la justificación de que un elemento constructivo de cerramiento alcanza el valor de resistencia al fuego exigido:

- i. 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.
- ii. mediante marca de conformidad con normas UNE o certificado de conformidad o ensayo tipo con las normas y especificaciones técnicas indicadas en el anexo IV de este reglamento.

Dichas marcas de conformidad, así como los certificados de conformidad y ensayos tipo han de ser 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 ha de determinar su ocupación, P, siendo deducida de las siguientes expresiones:

$P = 1,10 p$, cuando $p < 100$.

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

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

$P = 524 + 1,01 (p - 500)$, 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. Por ende, dichos valores obtenidos según las anteriores expresiones habrán de redondearse al entero inmediatamente superior.

Para el caso de la nave a proyectar, el número máximo de personas admisible consta de 63 ($p < 100$), de modo que se ha de proceder con la primera expresión anterior para la obtención de la ocupación:

$$P = 1,10 \times p = 1,10 \times 63, \text{ cuando } p < 100. \text{ Entonces, } P = 70 \text{ personas}$$

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

2.6.2.7. Elementos de evacuación

- ✓ Origen de evacuación: todo punto ocupable.
- ✓ Recorridos de evacuación: la longitud de los recorridos de evacuación por pasillos, escaleras y rampas se ha de medir sobre el eje; los recorridos en los que existan elementos que puedan dificultar el paso no han de 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: puerta o pasos que conduzcan bien directamente o bien a través de otros recintos hacia una salida de planta y, en último término, hacia una del edificio.

La salida del edificio es una puerta o 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 y dentro de una zona delimitada con un radio de distancia de la salida de $0,1P$ m, siendo P el número de ocupantes.

$P = 70$ personas

Superficie espacio exterior necesaria: $0,50 \text{ m}^2 / \text{ personas} = 0,50 \times 70 = 35 \text{ m}^2$

Radio de distancia de la salida: $0,1 \times P = 0,1 \times 70 = 7 \text{ m}$

2.6.2.8. Compatibilidad de los elementos de evacuación

Los establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia de cualquier superficie, así como los de uso Docente, Hospitalario, Residencial Público o Administrativo cuya superficie construida sea mayor que 1.500 m², en caso de estar integrados en un edificio cuyo uso previsto principal sea distinto del suyo, deben cumplir la siguiente condición:

- ✓ Tanto sus salidas de uso habitual como los recorridos hasta el espacio exterior seguro han de estar 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 ende, dado que la nave en cuestión del presente proyecto posee unas dimensiones menores a las mencionadas, cabe la posibilidad de considerar tanto la puerta doble de entrada como las dos puertas basculantes con puerta para paso peatonal como salidas de emergencia.

➤ Número de Salidas y Recorridos de Evacuación

Tabla 3.1. Número de salidas y recorridos de evacuación ⁽¹⁾

| 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 uso Hospitalario en las plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo, así como en salas o unidades para pacientes hospitalizados cuya superficie construida exceda de 90 m².</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"> - 500 personas en el conjunto del edificio, en el caso de salida de un edificio de viviendas; - 50 personas en zonas desde las que la evacuación hasta una salida de planta deba salvar una altura mayor que 2 m en sentido ascendente; - 50 alumnos en escuelas infantiles, o de enseñanza primaria o secundaria. <p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no excede de 25m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en uso Aparcamiento; - 50 m si se trata de una planta, incluso de uso Aparcamiento, que tiene una salida directa al espacio exterior seguro y la ocupación no excede de 25 personas. <p>La altura de evacuación de la planta considerada no excede de 28 m, excepto en uso Residencial Público, en cuyo caso es, como máximo, la segunda planta por encima de la de salida de edificio. ⁽²⁾</p> |
| Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto, respectivamente ⁽³⁾ | <p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en uso Residencial Vivienda o Residencia Pública; - 30 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria. <p>La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario; - 35 m en uso Aparcamiento. <p>Si la altura de evacuación de la planta es mayor que 28 m o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una altura de evacuación mayor que 2 m, al menos dos salidas de planta conducen a dos escaleras diferentes.</p> |

Figura 45. Número de salidas y longitud de recorridos de evacuación

Por consecuente, se demuestra que la nave en cuestión cumple con la normativa vigente, pues la ocupación no excede de 100 personas, además de que el recorrido de evacuación hasta la salida de planta no excede de 25 metros.

➤ **Dimensionamiento de Salidas, Pasillos y Escaleras**

| Tabla 4.1 Dimensionado de los elementos de la evacuación | |
|--|---|
| Tipo de elemento | Dimensionado |
| Puertas y pasos | $A \geq P / 200$ ⁽¹⁾ $\geq 0,80$ m ⁽²⁾ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,23 m. |
| Pasillos y rampas | $A \geq P / 200 \geq 1,00$ m ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ |
| Pasos entre filas de asientos fijos en salas para público tales como cines, teatros, auditorios, etc. ⁽⁶⁾ | En filas con salida a pasillo únicamente por uno de sus extremos, $A \geq 30$ cm cuando tengan 7 asientos y 2,5 cm más por cada asiento adicional, hasta un máximo admisible de 12 asientos. En filas con salida a pasillo por sus dos extremos, $A \geq 30$ cm en filas de 14 asientos como máximo y 1,25 cm más por cada asiento adicional. Para 30 asientos o más: $A \geq 50$ cm. ⁽⁷⁾ Cada 25 filas, como máximo, se dispondrá un paso entre filas cuya anchura sea 1,20 m, como mínimo. |
| Escaleras no protegidas ⁽⁸⁾ | |
| para evacuación descendente | $A \geq P / 160$ ⁽⁹⁾ |
| para evacuación ascendente | $A \geq P / (160-10h)$ ⁽⁹⁾ |
| Escaleras protegidas | $E \leq 3 S + 160 A_S$ ⁽⁹⁾ |
| Pasillos protegidos | $P \leq 3 S + 200 A$ ⁽⁹⁾ |
| En zonas al aire libre: | |
| Pasos, pasillos y rampas | $A \geq P / 600$ ⁽¹⁰⁾ |
| Escaleras | $A \geq P / 480$ ⁽¹⁰⁾ |

Figura 46. Dimensionado de los elementos de la evacuación

- Puertas:** $1 \geq 70 / 200 = 0,35 \Rightarrow$ cumple, pues la puerta más pequeña es de 1 m.
- Características de las puertas:** de acuerdo con lo establecido en el artículo 8 de la NBE – CPI / 96, apartado 8.1. las puertas de salida han de ser abatibles con eje de giro vertical y fácilmente operables.
- Pasillo:** $3 \geq 70 / 200 = 0,35 \Rightarrow$ cumple, pues el pasillo tiene unas dimensiones de 3 m de ancho.
- Escaleras Evacuación Descendente:** $1,5 \geq 70 / 160 = 0,44 \Rightarrow$ cumple, pues la anchura de cada tramo de la escalera es de 1,5 m.

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) ⁽¹⁾ | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------|---|-----|-----|------|------|-----------------|
| | Evacuación ascendente ⁽²⁾ | 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 |
| 1,40 | 184 | 224 | 328 | 432 | 536 | 640 | 744 | +52 |
| 1,50 | 198 | 240 | 356 | 472 | 588 | 704 | 820 | +58 |
| 1,60 | 211 | 256 | 384 | 512 | 640 | 768 | 896 | +64 |
| 1,70 | 224 | 272 | 414 | 556 | 698 | 840 | 982 | +71 |
| 1,80 | 237 | 288 | 442 | 596 | 750 | 904 | 1058 | +77 |
| 1,90 | 250 | 304 | 472 | 640 | 808 | 976 | 1144 | +84 |
| 2,00 | 264 | 320 | 504 | 688 | 872 | 1056 | 1240 | +92 |
| 2,10 | 277 | 336 | 534 | 732 | 930 | 1128 | 1326 | +99 |
| 2,20 | 290 | 352 | 566 | 780 | 994 | 1208 | 1422 | +107 |

Figura 47. Capacidad de evacuación de las escaleras

La escalera dispone de 1,5 metros de ancho, de modo que cumple con la normativa vigente.

➤ Protección de las Escaleras

Tabla 5.1. Protección de las escaleras

| Uso previsto ⁽¹⁾ | Condiciones según tipo de protección de la escalera | | |
|---|---|------------------------------|-------------------------|
| | No protegida | Protegida ⁽²⁾ | Especialmente protegida |
| Escaleras para evacuación descendente | | | |
| Residencial Vivienda | $h \leq 14$ m | $h \leq 28$ m | |
| Administrativo, Docente, | $h \leq 14$ m | $h \leq 28$ m | |
| Comercial, Pública Concu- rrencia | $h \leq 10$ m | $h \leq 20$ m | |
| Residencial Público | Baja más una | $h \leq 28$ m ⁽³⁾ | Se admite en todo caso |
| Hospitalario | | | |
| zonas de hospitalización o de tratamiento intensi- vo | No se admite | $h \leq 14$ m | |
| otras zonas | $h \leq 10$ m | $h \leq 20$ m | |
| Aparcamiento | No se admite | No se admite | |
| Escaleras para evacuación ascendente | | | |
| Uso Aparcamiento | No se admite | No se admite | |
| Otro uso: | | | |
| $h \leq 2,80$ m | Se admite en todo caso | Se admite en todo caso | Se admite en todo caso |
| $2,80 < h \leq 6,00$ m | $P \leq 100$ personas | Se admite en todo caso | |
| $h > 6,00$ m | No se admite | Se admite en todo caso | |

Figura 48. Protección de las escaleras

De acuerdo con la disposición de las condiciones de protección que han de cumplir las escaleras según la tabla anterior, para la nave en cuestión se puede concluir que no es necesaria la protección de las mismas.

➤ **Dotación de Instalaciones de Protección Contra Incendios**

La nave ha de disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios indicados en la tabla 1.1. El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, han de cumplir con 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. Es por ello que 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 Documento Básico, deban constituir un sector de incendio diferente, han de disponer de la dotación de instalaciones indicadas para cada local de riesgo especial, así como para cada zona, en función de su uso previsto, no siendo en ningún caso 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

| <i>Uso previsto del edificio o establecimiento</i> | <i>Condiciones</i> |
|--|--|
| <i>Instalación</i> | |
| En general | |
| Extintores portátiles | Uno de eficacia 21A -113B: <ul style="list-style-type: none"> - A 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación. - En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1⁽¹⁾ de este DB. |

Figura 49. Dotación de instalaciones de protección contra incendios

➤ **Señalización e Iluminación**

i. *Señalización de Evacuación*

Se ha de cumplir con lo dispuesto tanto en los apartados 12.1, 12.2 y 12.3 del artículo 12 de la NBE – CPI / 96 como en el Real Decreto 485 / 1997 de 14 de abril, debiendo estar señalizadas las salidas de recinto, planta o edificio contempladas según el artículo 7.

Han de 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 a señalar en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se habrán de disponer las señales antes citadas, de forma tal que quede claramente indicada la alternativa correcta.

Así mismo, las puertas que no sean de salida y que puedan inducir a error en dicho recorrido, habrán de 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, habrán de utilizarse las señales definidas en la norma UNE 23 034.

Han de 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 habrán de ser las definidas en la norma UNE 23 033, siendo su tamaño el indicado en la norma UNE 81 501.

ii. Iluminación

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

Las señales a las que se hace referencia en el apartado anterior han de ser visibles incluso en caso de fallo del suministro al alumbrado normal. Para ello, se habrá de disponer de fuentes luminosas incorporadas externa o internamente a las propias señales, o bien auto-luminiscentes, en cuyo caso sus características de emisión luminosa habrán de cumplir con lo establecido en la norma UNE 23 035 Parte 1.

iii. Señalización

Se ha de proceder 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 del 14 de abril sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

2.7. PRESUPUESTO

| PRESUPUESTO GENERAL | |
|--|---------------------|
| CAPÍTULO | IMPORTE |
| MOVIMIENTO DE TIERRAS Y EXCAVACIONES | 12.822,18 € |
| CIMENTACIÓN Y HORMIGONADO | 59.246,33 € |
| ESTRUCTURA METÁLICA | 175.785,32 € |
| CERRAMIENTO | 25.255,50 € |
| ALBAÑILERÍA | 52.858,56 € |
| CARPINTERÍA | 12.363,66 € |
| PINTURAS | 42.608,39 € |
| FONTANERÍA | 39.515,50 € |
| PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS | 1.524,28 € |
| ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD | 21.681,23 € |
| PLAN DE CONTROL DE CALIDAD | 5.281,04 € |
| PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS | 204,56 € |
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL | 449.146,55 € |

| | |
|--|--------------------|
| BENEFICIO INDUSTRIAL (6% P.E.M.) | 26.948,79 € |
| GASTOS GENERALES (13% P.E.M.) | 58.389,05 € |
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA | 85.337,84 € |

| | |
|---|---------------------|
| I.V.A. (21%) | 112.241,72 € |
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA CON (I.V.A.) | 646.726,11 € |

Por ende, según se justifica en el documento adjunto correspondiente al proyecto en cuestión, cabe la posibilidad de concluir que la ejecución del mismo asciende a la cantidad de:

SEISCIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS VEINTISEIS EUROS con ONCE CÉNTIMOS

2.8. PLAZO DE EJECUCIÓN

La obra en cuestión habrá de dar comienzo en Diciembre de 2019, siendo el plazo de ejecución previsto de 7 meses.