

Trabajo de Final de Grado

Grado en Tecnologías Industriales

Diseño de los sistemas de protección contra incendios de un establecimiento industrial

MEMORIA

Autor: Jordi Cervera Teruel
Director: Víctor Manuel Vallespín Vidal
Ponent: Eva Cuerva Contreras
Convocatoria: Septiembre 2022



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resumen

El presente proyecto se centra en la realización del diseño de sistemas de protección contra incendios para una nave industrial de grandes dimensiones, destinada al despiece y almacenaje del cerdo.

El objetivo es evaluar el riesgo de incendio que presenta la nave para adecuar lo máximo posible todas las medidas de protección contra incendios. Esto se traduce en definir los requisitos constructivos y de uso que debe cumplir la nave en función de sus características, así como calcular y diseñar los sistemas de protección enfocados a detectar, alertar y extinguir cualquier posible incendio.

Para la realización de este estudio se ha tenido en cuenta el cumplimiento de la normativa vigente, donde se han utilizado simultáneamente el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales y el Código Técnico de Edificación para evaluar y definir los requisitos de protección.

En el diseño de cada uno de los sistemas se ha atendido a sus respectivas normativas vinculantes, priorizando la seguridad y evacuación del personal, y detallando un estudio económico para la implementación de dichos sistemas.

Sumario

RESUMEN	3
SUMARIO	5
GLOSARIO	9
ABREVIATURAS	10
1. PREFACIO	11
2. INTRODUCCIÓN	12
2.1. Objetivos del proyecto	12
2.2. Alcance del proyecto	12
3. NORMATIVA EMPLEADA	13
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	14
4.1. Localización establecimiento industrial	14
4.2. Descripción de la actividad	15
4.3. Distribución y características de la fábrica	15
4.4. Salas del establecimiento	16
5. APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	20
5.1. Régimen de aplicación	20
5.2. Objeto	20
5.3. Compatibilidad reglamentaria	20
5.4. Condiciones y requisitos	21
5.5. Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios	22
5.5.1. Configuración y ubicación con relación a su entorno	22
5.5.2. Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo	23
5.6. Sectorización inicial de la planta	27
5.7. Propuesta de sectorización	31
6. APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS (DB-SI)	37
6.1. Objeto	37

6.2.	Ámbito de aplicación.....	37
6.3.	Compartimentación en sectores de incendio.....	37
7.	REQUISITOS CONSTRUCTIVOS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO _____	39
7.1.	Ubicaciones no permitidas de sectores de incendio.....	39
7.2.	Resistencia y reacción al fuego	39
7.3.	Reacción al fuego de los elementos constructivos	41
7.4.	Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes	43
7.5.	Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento	45
7.6.	Evacuación del establecimiento industrial	48
7.7.	Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión	50
8.	REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES _____	51
8.1.	Sistemas automáticos de detección de incendio.....	51
8.2.	Sistemas manuales de alarma de incendio	52
8.3.	Sistemas de comunicación de alarma	52
8.4.	Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.....	53
8.5.	Sistemas de hidrantes exteriores.....	53
8.6.	Extintores de incendio.....	54
8.7.	Sistemas de bocas de incendio equipadas.....	54
8.8.	Sistemas de columna seca	55
8.9.	Sistemas de rociadores automáticos	55
8.10.	Sistemas de agua pulverizada.....	55
8.11.	Sistemas de alumbrado de emergencia	56
8.12.	Señalización.....	56
8.13.	Resumen sistemas de protección S1-S4.....	58
8.14.	Sistemas de protección para salas técnicas y zona de oficinas	59
9.	DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS _____	60
9.1.	Sistemas de detección y de alarma de incendios.....	60
9.1.1.	Tipo de sistema.....	61
9.1.2.	Elección de detectores.....	61
9.1.3.	Detectores de gas amoníaco	65
9.1.4.	Pulsadores de alarma	66
9.1.5.	Dispositivos de alarma.....	67

9.1.6. Equipo de control e indicación	67
9.2. Sistema de extintores de incendio.....	69
9.2.1. Distribución de los extintores	70
9.2.2. Modelo de extintores.....	70
9.3. Sistema de bocas de incendio equipadas.....	71
9.3.1. Distribución y emplazamiento de las BIES.....	73
9.3.2. Exigencias de diseño	73
9.3.3. Diseño del sistema.....	74
9.3.4. Dimensionado de las tuberías.....	75
9.3.5. Simultaneidad de BIES	76
9.3.6. Red de tuberías	76
9.3.7. Recorrido crítico	77
9.4. Sistema de abastecimiento	79
9.4.1. Dimensionado del depósito.....	79
9.4.2. Equipo de impulsión.....	80
9.5. Sistema de exutorios.....	81
9.5.1. Sector de almacenamiento	81
9.5.2. Sector de envasado	85
10. PLAN DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO	89
10.1. Grados de emergencia.....	89
10.2. Equipos de emergencia.....	89
10.3. Plan de actuación.....	91
11. PRESUPUESTO	93
CONCLUSIONES	94
AGRADECIMIENTOS	95
REFERENCIAS	96
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA	97
PLIEGO DE CONDICIONES	98
ANEXO A: CÁLCULO HIDRÁULICO DE BOCAS DE INCENDIO	108
ANEXO B: CÁLCULO DE EXUTORIOS DE VENTILACIÓN	122
ANEXO C: PLANOS	128

Glosario

- **Establecimiento industrial:** Conjunto de edificios, edificio, zona de este, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.
- **AutoCAD:** Software de dibujo 2D y modelado 3D.
- **Configuración establecimiento Tipo C:** Establecimiento que, ocupando totalmente un edificio, o varios, se encuentra a una distancia mayor de tres metros del edificio de otro establecimiento.
- **Nivel de riesgo intrínseco:** Nivel de riesgo de un edificio o un conjunto de sectores y/o áreas de incendio de un establecimiento industrial que viene dado por la densidad de carga de fuego.
- **Sector de incendio:** Espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso. Es de aplicación para las configuraciones A,B y C.
- **Protección pasiva:** Conjunto de medios, elementos y características físicas de un edificio para prevenir la aparición de un incendio o retrasar su propagación.
- **Protección activa:** Conjunto de equipos y sistemas instalados para detectar, alarmar y extinguir un posible incendio
- **Densidad de carga de fuego:** Cantidad de energía resultante de la combustión completa de los materiales combustibles de un sector de incendio
- **Resistencia al fuego:** Capacidad de un producto o elemento para mantener sus propiedades (estructurales, aislamiento térmico...) en presencia de fuego por un tiempo determinado
- **Reacción al fuego:** Capacidad de un producto o elemento de contribuir o no al desarrollo del fuego

Abreviaturas

RSCIEI: Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales

CTE: Código Técnico de Edificación

DB-SI: Documento básico de seguridad contra incendios del CTE

PCI: Protección contra incendios

NRI: Nivel de riesgo intrínseco

RIPCI: Reglamento de instalaciones de protección contra incendios

UNE: Norma española creada por la asociación española de normalización y certificación

PUR: Panel sándwich de poliuretano

PIR: Panel sándwich de poliisocianurato

BIE: Boca de incendio equipada

Lx: Luminancia o nivel de iluminación

mca: metro columna de agua

1. Prefacio

Es muy común hoy en día escuchar o leer noticias de incendios producidos en edificios, naves y fábricas industriales. Según la patronal de seguros UNESPA, durante 2018 se produjeron 7500 incendios en industrias con un coste medio de 500.000 [1]. Estos datos nos dan una idea de la magnitud de esta cuestión y de los costes que representan para las empresas y aseguradoras.

En muchas ocasiones las consecuencias de un incendio son devastadoras debido a la rápida propagación del fuego y la falta de medidas de actuación contra incendios. Incendios como el de la fábrica de Campofrío en Burgos en 2014 [2] o el de un matadero en Getafe [3], son claros ejemplos de la repercusión de un fuego descontrolado. En ambos casos, los incendios quemaron por completo las naves de ambas empresas, dejando pérdidas millonarias y a centenares de trabajadores sin empleo.



*Figura 1.1: Incendio fábrica Campofrío
(Fuente: EL MUNDO)*



*Figura 1.2: Incendio Matadero de Getafe
(Fuente: EL MUNDO)*

Y, es que muchas veces, las consecuencias de un incendio van más allá de las propias pérdidas materiales de la fábrica; la contaminación ambiental, el peligro que representa para otras industrias o poblaciones cercanas, así como la repercusión que puede tener en vidas humanas son puntos que deben considerarse igual de relevantes.

Ya no solo por los intereses propios de una empresa, es importante dar énfasis en la implementación, control y mantenimiento de medidas de seguridad contra incendios desde el punto de vista de la responsabilidad social para evitar futuras catástrofes.

Poder detectar a tiempo un fuego, impedir su propagación y garantizar la seguridad frente a un incendio, a través del acondicionamiento con sistemas de prevención y detección, es el principal motivo del desarrollo de este proyecto.

2. Introducción

2.1. Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto es definir las condiciones que debe cumplir un establecimiento industrial, destinado al procesado y almacenamiento del cerdo, para conseguir un elevado nivel de seguridad contra incendios.

Para todo ello, se estudiarán las condiciones de sectorización, extinción y evacuación de un posible incendio dentro de la nave para elegir las medidas que permitan minimizar las consecuencias de un posible incendio

Todo ello buscando prevenir la aparición y reducir el riesgo de propagación de un fuego, facilitar la detección y actuación de un incendio y garantizando, ante todo, la seguridad de los trabajadores.

2.2. Alcance del proyecto

Este proyecto abarca todo el estudio de la planta para definir las medidas de protección pasiva y activa contra incendio. Esto se traduce en un estudio teórico donde se evalúa y caracteriza el riesgo que presenta la nave, para después calcular y diseñar todas las instalaciones de protección necesarias.

Paralelamente, se trabaja con el software AutoCAD, utilizado para dibujar y modelizar la planta 2D, en el dimensionamiento y distribución de los sistemas de protección.

Todo ello, se concluye con un estudio económico de las propuestas de diseño junto con las conclusiones del presente trabajo.

3. Normativa empleada

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE)

Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI)

UNE 23034. Señalización de seguridad contra incendios.

UNE 23007 y UNE 54. Sistemas de detección y alarma de incendios

UNE 23008 Instalación de pulsadores manuales de alarma de incendio.

UNE EN 2 Clases de fuego

UNE 3-7. Extintores portátiles de incendio

UNE 23120. Mantenimiento de extintores de incendios

UNE EN 671-1. Bocas de incendio equipadas con mangueras planas

UNE 23500. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendio

UNE 23585. Sistemas de control de temperatura y de evacuación de humos (SCTEH)

UNE 12101. Sistemas para el control de humo y de calor

4. Descripción de la instalación

4.1. Localización establecimiento industrial

La fábrica industrial se encuentra ubicada en la comarca de la Selva. A 80km de Barcelona y 25km de Gerona, el municipio tiene una población de 2181 habitantes. La planta no colinda con ninguna vivienda ni nave industrial. A continuación, se dan imágenes satélites de la ubicación de la fábrica.

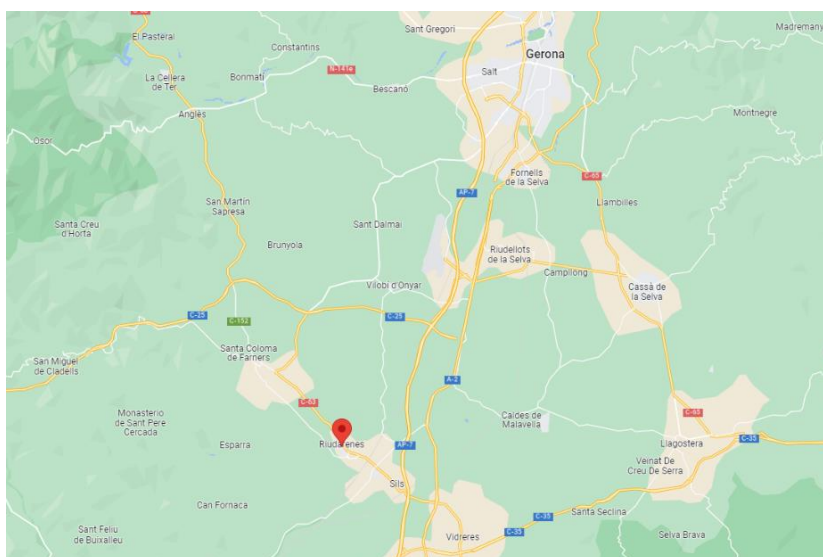


Figura 4.1: Localización del establecimiento industrial (Fuente: Google Maps)

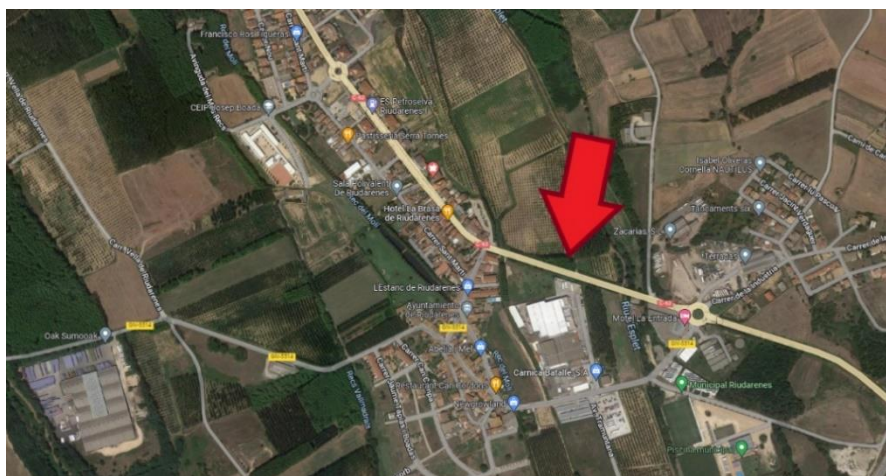


Figura 4.2: Emplazamiento del establecimiento (Fuente: Google Maps)

4.2. Descripción de la actividad

La actividad principal de la fábrica es el despiece del cerdo, una vez ya ha sido sacrificado. Como tal la planta se divide en dos zonas: producción y almacenamiento. De ahí se distinguen varias salas destinadas al despiece en cadena, salas de envasado y las salas de congelado para mantener la cadena del frío.

4.3. Distribución y características de la fábrica

La parcela catastral de la fábrica tiene una superficie gráfica de 26.572 m², de los cuales 20.988 m² son superficie construida. A parte de la superficie construida de la planta, se distingue la zona exterior la cual cuenta con varias salas y la zona de depuradoras.

Según el registro catastral, el año de construcción de la fábrica data del 1970. Hace no más de dos años una parte de la planta ha sido remodelada. Se ha realizado una redistribución de las salas y se ha sustituido la cubierta y salas por panel PIR. De la *figura 4.4* se puede distinguir con claridad la división de ambas zonas: una primera que se mantiene desde la construcción inicial (antigua) y otra zona que ha sido renovada (nuevo).

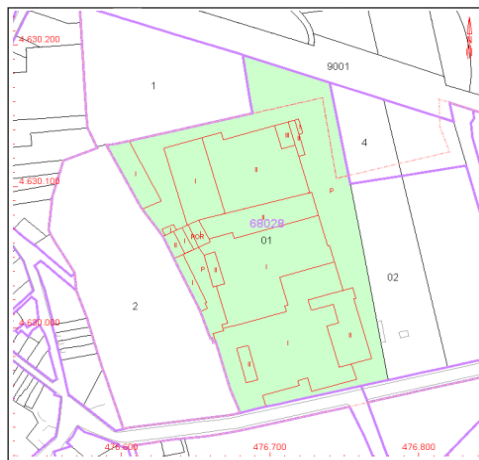


Figura 4.3: Parcela catastral (Fuente: Google Maps)



Figura 4.4: Nave nueva y antigua (Fuente: Sede Catastro)

La planta está constituida por una estructura portante metálica, cimentada en un suelo de hormigón armado. Como aislamiento se utiliza paneles sándwich de poliuretano tanto para la cubierta como la fachada. El interior del establecimiento también está aislado con el mismo material. Además, en la fachada se utilizan placas de aluminio para el acabado estructural. La totalidad de la planta está recubierta de estos paneles, incluyendo la pared con puertas cortafuegos que separa la nave antigua de la nueva. Ambas naves presentan un falso techo.

4.4. Salas del establecimiento

Como ya se ha mencionado anteriormente, en la planta predominan dos actividades: producción y almacenamiento. La nave “antigua” se centra en la parte de producción mientras que la otra nave es utilizada principalmente para el almacenamiento.

Gran parte de la superficie de las naves está ocupada por salas de despiece, salas de envasado y cámaras de frío. También destacan las salas de oreo y congelado, así como la zona de oficinas que se encuentra a la entrada de la fábrica.

Las zonas exteriores cuentan con la carga y descarga de los camiones, la sala de transformadores, almacenes varios de recambios y baterías y un almacén de paneles de madera, así como toda la zona de gestión de residuos, bombas, y un tanque de agua en caso de incendio.

En cuanto al funcionamiento y mantenimiento de la planta, es necesario destacar la presencia de ciertas salas técnicas que se utilizan para abastecer las necesidades de la fábrica. Estas son: la sala de máquinas, la sala de calderas, la sala de compresores de frío y la zona del taller. A continuación, se describe la función de las distintas salas mencionadas.

- **Salas de despiece:** Ocupan la mayor superficie de toda la fábrica. Son utilizadas después del periodo de oreo y en ellas se realiza el despiece del cerdo. En ellas, la carne se somete a distintas operaciones de corte para obtener las distintas partes específicas.
- **Salas de envasado:** Al igual que las salas de despiece, estas tienen un papel importante en la producción de la planta. En ellas se realiza todo el envasado de producto para envío o congelado. Sigue las mismas pautas de higiene y temperatura que el despiece.
- **Salas de oreo:** Salas que reciben las piezas de cerdo enteras provenientes de los mataderos. En ellas se busca madurar y deshidratar la carne para posteriormente realizar todo el proceso de despiece.
- **Salas de congelado:** Salas destinadas exclusivamente al almacenamiento del cerdo en temperaturas bajo cero ($< -15^{\circ}\text{C}$) durante largos periodos. El principal objetivo es evitar la descomposición y preservar la carne en perfecto estado.
- **Cámaras de frío:** A diferencia de las salas de congelado, estas se mantienen a temperaturas superiores a 0°C . La principal utilidad es poder manipular el producto durante un periodo limitado de tiempo, pero preservando el buen estado de la carne.

- **Túneles de congelado:** Salas a muy bajas temperaturas (-20°C) que se utilizan para agilizar el proceso de congelado de la carne. Estas salas consumen una gran cantidad de potencia y flujo de aire que permite congelar el producto rápidamente.
- **Salas de calderas:** Estas salas están conformadas por calderas de potencia útil nominal $> 600\text{kW}$. Generan vapor y se utilizan exclusivamente para limpiar cajas y otros objetos. Se distinguen dos salas en todo el establecimiento, una en cada nave.
- **Salas de compresores:** Salas conformadas por compresores de amoníaco que se utilizan para refrigerar las distintas zonas de la planta. El uso de amoníaco es uno de los métodos más económicos y efectivos que existen. En la planta se distinguen dos salas de compresores, una en cada nave.
- **Salas de cuadros eléctricos:** Salas donde se alberga el conjunto de sistemas eléctricos y de automatización de la planta. Hay una sala de cuadros eléctricos en cada nave.
- **Otras salas:** Viene a englobar el resto de las salas donde no se realiza una actividad concreta ya sea pasillos o zonas de maquinaria o incluso la zona de oficinas.

A la hora de poder realizar los cálculos exactos, es de utilidad tener acceso a los planos y conocer las dimensiones de la planta. En nuestro caso partimos de una única imagen de los planos sacada el día de la visita (*ver figura 4.5*). Utilizando el software AutoCAD se realiza primero un escalado de la imagen, a partir de la imagen satélite de la planta. De ahí, se calca la imagen y se consigue tener un plano aproximado de toda la fábrica.



Figura 4.5: Foto única de la planta

Con todo ello se define el perímetro a estudiar (ver figura 4.6), que en nuestro caso acoge tan solo la fábrica, dejando fuera del estudio toda la zona exterior de la planta. De esta forma se puede aproximar la superficie que ocupan las distintas salas de la fábrica (ver tabla 4.1).

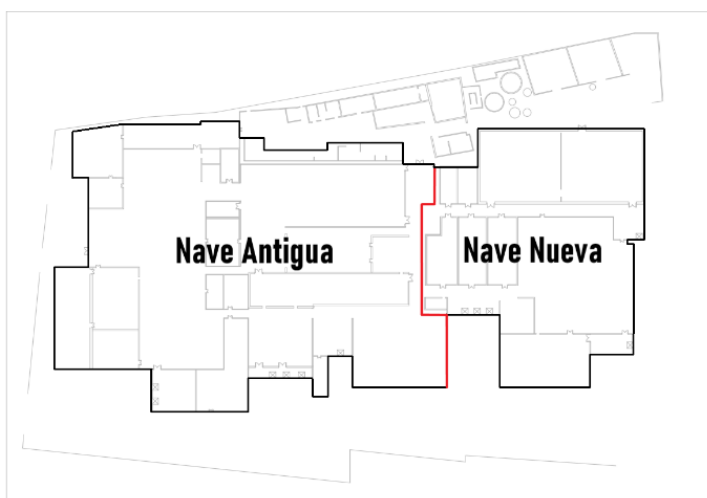


Figura 4.6: Perímetro y división de la fábrica

NAVE ANTIGUA		NAVE NUEVA	
Zona	Superficie (m ²)	Zona	Superficie (m ²)
Salas Despice	3350	Salas Congelado	1200
Salas Envasado	1825	Sala Despice	1170
Cámaras de frio	1062	Sala Envasado	138
Túneles de congelado	300	Cámaras de frio	610
Salas de Oreo	680	Túneles de congelado	144
Salas técnicas	528	Sala Oreo	500
Sala Productos Químicos	64	Salas técnicas	225
Oficinas	359	Otras salas	890
Otras salas	1236	Nave completa	4877 m²
Nave completa	9406 m²		

Tabla 4.1: Distribución salas nave antigua y nueva

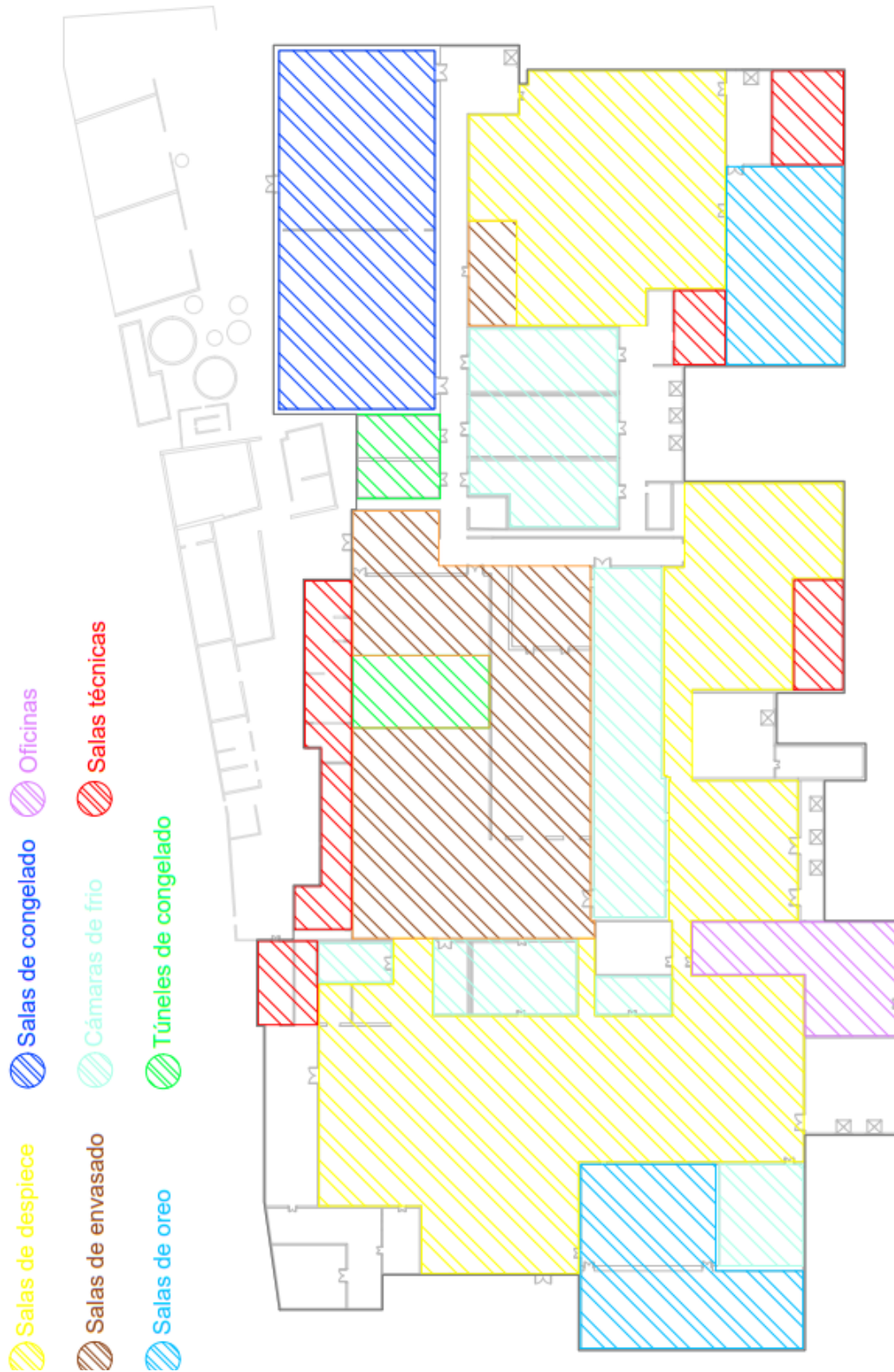


Figura 4.7: Distribución de las salas por actividad

5. Aplicación del reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales

5.1. Régimen de aplicación

Como se deja por escrito en el reglamento RSCIEI: *“Las prescripciones del reglamento aprobado por este real decreto serán de aplicación, a partir de su entrada en vigor, a los nuevos establecimientos industriales que se construyan o implanten y a los ya existente que se trasladen, cambien o modifiquen su actividad*

Estas mismas exigencias se aplicarán a aquellos establecimientos industriales en los que se produzcan ampliaciones o reformas que impliquen un aumento de su superficie ocupada o un aumento del nivel de riesgo intrínseco.”

Al tratarse de una normativa de 2004, tan solo una parte de la planta estaría sujeta a dicha normativa (planta nueva). Sin embargo, atendiendo a los deseos de la empresa se decide aplicar dicho reglamento a la totalidad de la planta para mejorar la protección contra incendios.

5.2. Objeto

Este reglamento busca definir los requisitos y condiciones que deben cumplir los establecimientos industriales para prevenir la aparición y dar la respuesta adecuada en caso de incendio.

En caso de producirse un incendio se busca establecer las medidas de actuación para limitar la propagación del fuego, con la intención de anular o reducir los daños que pueda causar el incendio a personas o bienes.

5.3. Compatibilidad reglamentaria

En el caso de tener un establecimiento industrial donde coexistan con la actividad industrial otros espacios de uso no industrial con la misma titularidad, la misma normativa exige la aplicación del Código Técnico de la Edificación en ciertas situaciones. De los varios casos listados uno de ellos repercute en nuestro proyecto y es el siguiente:

- a) Zona administrativa: superficie construida superior a 250 m²

En nuestro caso, la planta presenta una zona de oficinas con una superficie de 359 m², superior al límite aceptado. Por tanto, la zona de oficinas se reglamentará a partir del CTE y se explicará más adelante

Además, se identifican varias salas técnicas. Estas están conformadas por salas de calderas, salas de cuadros eléctricos, salas de compresores de frío y un taller de mantenimiento. El RSCIEI no contempla este tipo de salas con tanto detalle y, por ello, se atiende al documento básico contra incendio del CTE (DB-SI) para sectorizar estas salas.

5.4. Condiciones y requisitos

El ámbito de aplicación de este reglamento son los establecimientos industriales. Para la aplicación de este reglamento se tiene en cuenta la estructura presentada en el Real Decreto. En él se separa el reglamento en tres grandes capítulos que definen las condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos industriales en relación con su seguridad contra incendios: a) Caracterización, b) condiciones de construcción y c) requisitos de las instalaciones.

- a) *Anexo I. **Caracterización:*** Permite determinar la configuración y ubicación con relación a su entorno y su nivel de riesgo intrínseco. Estos dos puntos definen las condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos industriales.
- b) *Anexo II. **Condiciones de la construcción:*** A partir del anexo I se definen las características y requisitos constructivos que deben cumplir los establecimientos industriales.
- c) *Anexo III. **Requisitos de las instalaciones:*** A partir del anexo I se definen las condiciones y requisitos que deben cumplir las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales

En el caso práctico que se lleva a cabo, se pretende aplicar principalmente el reglamento detallado en los anexos I y III, aplicando por encima el anexo II en referencia a la protección pasiva. Esto se debe a la falta de información en referencia a la construcción y estructura de la planta.

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

Las condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos industriales, en relación con la seguridad contra incendio vienen determinados por dos parámetros, establecidos en el anexo I:

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

5.5.1. Configuración y ubicación con relación a su entorno

De las muchas configuraciones que un establecimiento industrial puede tener con relación a su entorno, el RSCIEI establece 5 principales configuraciones en función de su espacio y ubicación:

- a) Establecimientos industriales ubicados en un edificio: Tipo A, B y C
- b) Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio: Tipo D y E

Teniendo en cuenta la ubicación de la planta, la cual se encuentra a más de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos, se define la configuración de dicho establecimiento como **TIPO C**.

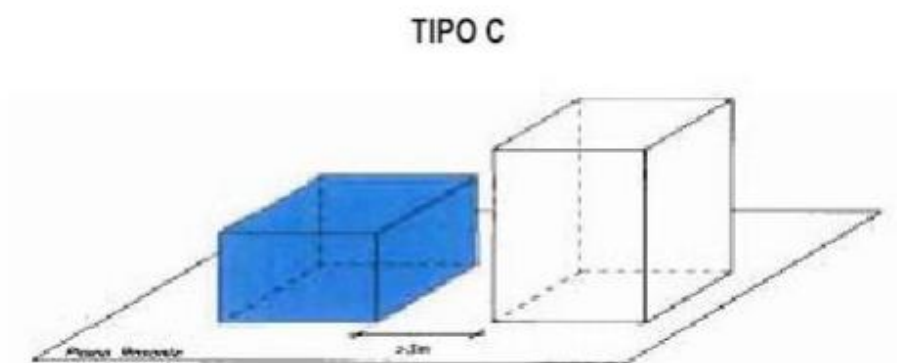


Figura 5.1: Configuración Tipo C del establecimiento (Fuente: RSCIEI)

5.5.2. Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo

Para poder clasificar con mayor facilidad y pautar las medidas de protección de un establecimiento industrial se hace uso del indicador de nivel de riesgo intrínseco (NRI). Este atiende a unos criterios simplificados que vienen dados por la densidad de carga de fuego y configuración de un establecimiento industrial.

5.5.2.1. Sectorización de un establecimiento industrial

Uno de los fundamentos de la protección pasiva contra incendios es la sectorización. La principal finalidad es limitar la propagación del fuego y el humo a otras zonas y contener el incendio el máximo tiempo posible dentro del sector.

Un establecimiento está constituido por una o varias zonas. En nuestro caso al tratarse de un establecimiento Tipo C se considera “sector de incendio” el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

Por normativa y por tratarse de una configuración tipo C, todo establecimiento industrial debe constituir, al menos, un sector de incendio. Esta condición, de tener como mínimo un sector de incendio tiene por finalidad el que no se propague un incendio al establecimiento colindante (si lo hay).

De esta forma, según el apartado 2 del anexo II, se definen las máximas superficies admisibles de cada sector de incendio (*ver figura 5.2*), según el riesgo intrínseco del sector de incendio y la configuración del establecimiento:

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

Figura 5.2: Superficie máxima admisible del sector (Fuente: RSCIEI)

Al tratarse de un establecimiento Tipo C y teniendo en cuenta que se tiene una superficie aproximada de 13.349 m², será más que probable realizar un proceso iterativo para definir los sectores de incendio que cumplan con los valores admisibles de la tabla anterior.

5.5.2.2. Cálculo del nivel de riesgo intrínseco

Existen diversas alternativas a la hora de calcular el nivel de riesgo intrínseco (NRI). Ya sea para calcular el NRI de un sector de incendio, de un edificio o de un establecimiento industrial se debe estudiar la densidad de carga de fuego de dicha zona. Esta densidad de carga depende de distintos parámetros que en los tres casos mencionados presentan ligeras diferencias.

En nuestro caso, el interés se centra en calcular el NRI de cada uno de los sectores de incendio definidos, puesto que son estos los que nos permitirán definir las medidas de protección necesarias en cada caso.

Por motivos que dificultan la realización de una segunda visita al establecimiento, se descarta la opción de calcular la densidad de carga de fuego (Q_s) a partir de los datos de los combustibles puesto que se desconocen los detalles del volumen y tipo presentes.

Como alternativa, se calcula la densidad de carga de fuego de cada sector de incendio en función de las actividades que se llevan a cabo. Para ello se aplican las siguientes dos expresiones:

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

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \quad (MJ/m^2) \text{ o } (Mcal/m^2) \quad (ec. 1)$$

- b) Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a \quad (MJ/m^2) \text{ o } (Mcal/m^2) \quad (ec. 2)$$

En el caso de tener sectores de incendio donde coexistan zonas de almacenamiento con zonas de producción se combinarán las dos fórmulas anteriores. En este caso, para calcular la densidad de carga de fuego ponderada y corregida se utilizará la siguiente fórmula.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a \quad (MJ/m^2) \text{ o } (Mcal/m^2) \quad (ec. 3)$$

Donde:

- Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida del sector de incendio.
- C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad de cada uno de los combustibles (i) del sector de incendio.
- R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad inherente a la actividad industrial que se desarrolla.
- A = superficie construida del sector de incendio en m^2 .
- S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m^2 .
- s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m^2 .
- h_i = altura de almacenamiento de cada uno de los combustibles (i) en m.
- q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.
- q_{vi} = carga de fuego, aportada por cada m^3 de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m^3 o $Mcal/m^3$.

En cualquiera de los casos, los parámetros C_i y R_a son necesarios y se guían por las indicaciones detalladas en cada una de las tablas correspondientes. El parámetro R_a está directamente relacionado con la actividad mientras que el parámetro C_i se deduce de la tabla siguiente, del Catálogo CEA de productos y mercancías.

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C_i		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 - Líquidos clasificados como subclase B₁, en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C. - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente. - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como subclase B₂ en la ITC MIE-APQ1. - Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C. - Sólidos que emiten gases inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Figura 5.3: Coeficiente de peligrosidad por combustibilidad (Fuente: RSCIEI)

Una vez calculada la densidad de carga de fuego (Q_s) del sector de incendio, se puede identificar el nivel de riesgo intrínseco a partir de la siguiente tabla:

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	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Figura 5.4: NRI en función de la densidad de carga de fuego (Fuente: RSCIEI)

5.6. Sectorización inicial de la planta

En primer lugar, se descarta la posibilidad de considerar la planta entera como un solo sector de incendio por dos razones: la primera porque independientemente del nivel de riesgo se tendría una superficie superior a la admisible y segunda, y más importante, porque se perdería por completo la funcionalidad y utilidad de tener sectores que no propaguen el fuego hacia otras zonas.

Dicho esto, se propone un dimensionamiento inicial de sectorización donde se consideran las naves antigua y nueva. Como ya se ha mencionado anteriormente, ambas naves están separadas por una pared con puertas cortafuegos y como tal conforman una sectorización óptima. Además, es de interés poder contener el posible fuego que se cree en una de las naves y evitar que se propague a la totalidad de la nave. A continuación, se representa la sectorización de las zonas. Hay que destacar que hay unas zonas resaltadas en rojo que se tratan de las salas técnicas y zona de oficinas y que por lo tanto se aplican por CTE.

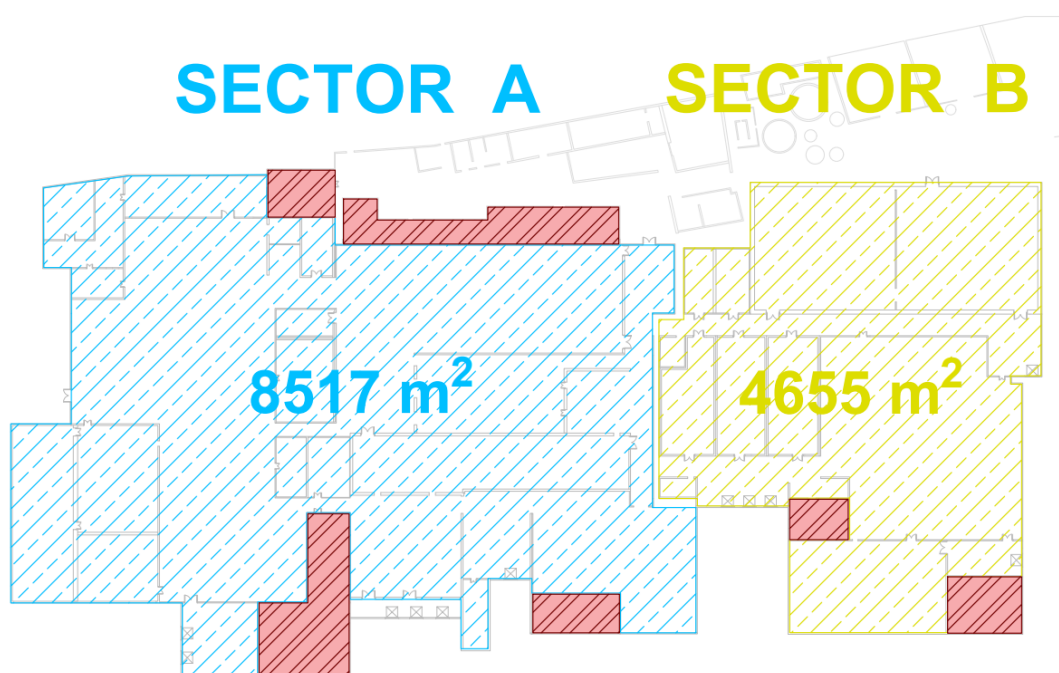


Figura 5.5: sectorización inicial

Para el cálculo de nivel de riesgo intrínseco, se desglosan las distintas actividades presentes en el sector, con sus respectivas especificaciones. Se tienen las siguientes consideraciones en la configuración de las tablas:

- En las salas con actividades de producción se considera la totalidad de la superficie.
- En las actividades de almacenamiento se trabaja con la superficie ocupada de producto. Para simplificar el estudio, se considera S_i un 35% de la superficie de la sala.
- La altura de almacenaje h_i , se refiere a la altura neta de producto considerado.
- La columna 2 (Sala), hace referencia al tipo de sala de la planta.
- La columna 3 (Actividad) son las actividades de la sala, clasificadas en el Anexo I del RSCIEI. Además, entre paréntesis, se identifica el tipo de actividad: Almacenamiento (A) o Producción (P).
- En todos los cálculos se trabaja con unidades MJ/m²
- La R_a final viene definida por la actividad de mayor coeficiente de peligrosidad siempre y cuando represente como mínimo un 10% de la superficie total.
- Los valores de C_i han sido aproximados a partir del Catálogo CEA de CEPREVEN [4]

A continuación, se muestran las tablas completas de cada sector, con la aportación de cada una de las actividades al total del sumatorio de producción y almacenamiento:

NAVE ANTIGUA								
Sector A Área = 8517 m ²								
Id	Sala	Actividad	R _a	q _{vi} o q _{si}	C _i	h _i	S _i	Sumatorio Parcial (MJ)
1	Salas de despiece	Productos de carnicería (P)	1	40	1	-	3350	134.000
2	Salas envasado	Alimentación, embalaje (P)	1,5	800	1,3	-	1825	1.898.000
3	Túneles de congelado	Congelados (A)	1	372	1,3	2	105	101.556
4	Salas Oreó	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	4	238	371.280
5	Cámaras de frío	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	2	372	290.160
6	Sala Productos Químicos	Productos Químicos (A)	2	1000	1,6	2	23	73.600
7	Muelles de carga	Muelles de carga con mercancías (P)	1,5	800	1,3	-	488	507.520
8	Otras salas	Maquinas (P)	1	200	1,3	-	500	130.000
		<i>R_a Final</i>	1,5	$\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i$				3.506.116

Tabla 5.1: Clasificación de actividades del sector A

A partir de la ecuación 3, se calcula la densidad de carga de fuego del sector A:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a = \frac{3.506.116}{8517} \times 1,5 = 617 \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$$

De esta forma según el rango de valores de la figura 5.4, se identifica el sector de incendio A con un nivel de riesgo **BAJO 2**.

NAVE NUEVA								
Sector B Área = 4655 m ²								
Id	Sala	Actividad	R _a	q _{vi} o q _{si}	C _i	h _i	S _i	Sumatorio Parcial (MJ)
1	Salas de congelado	Congelados (A)	1	372	1,3	15	420	3.046.680
2	Túneles de congelado	Congelados (A)	1	372	1,3	2	51	49.328
3	Cámaras de frio	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	2	214	166.920
4	Sala Oreó	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	4	175	273.000
5	Sala despiece	Productos de carnicería (P)	1	40	1	-	1170	46.800
6	Sala de envasado	Alimentación, embalaje (P)	1,5	800	1,3	-	138	143.520
7	Muelles de carga	Muelles de carga con mercancías (P)	1,5	800	1,3	-	368	382.720
9	Otras salas	Maquinas (P)	1	200	1,3	-	120	31.200
<i>R_a Final</i>			1,5	$\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i$				4.140.167

Tabla 5.2: Clasificación de actividades del sector B

A partir de la ecuación 3, se calcula la densidad de carga de fuego del sector B:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a = \frac{4.140.167}{4655} \times 1,5 = 1334 \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$$

De esta forma según el rango de valores de la figura 5.4, se identifica el sector de incendio A con un nivel de riesgo **MEDIO 4**.

Vemos como ambos sectores no cumplen con la superficie máxima admisible, atendiendo a la *figura 5.2* en referencia a la sectorización. Este hecho nos obliga a replantear la sectorización de las salas.

Sector	Q_s (MJ/m ²)	Nivel de riesgo	Superficie construida (m ²)	Superficie máxima admisible (m ²)	Sectorización
S1	634	BAJO 2	8750	6000	NO CUMPLE
S2	1354	MEDIO 4	4530	4000	NO CUMPLE

Tabla 5.3: Resumen de valores de la primera sectorización

5.7. Propuesta de sectorización

Manteniendo la sectorización inicial entre las naves antigua y nueva, por la importancia que tienen, se proponen nuevos sectores de incendio dentro de los dos sectores iniciales, dando lugar a cuatro sectores de incendio (S1-S4). Por un lado, se separan las salas de producción y envasado en la nave antigua, mientras que en la nave nueva se separan las salas de congelado y producción. El principal motivo de esta sectorización es que cada sector conforme una zona de diferente uso.

El resto de los sectores (S5-S12) se acogen al documento básico contra incendios (DB-SI) del código Técnico de Edificación (CTE). Como ya se ha comentado, estos sectores son la zona de oficinas y las salas técnicas (calderas, compresores, cuadros eléctricos y taller).

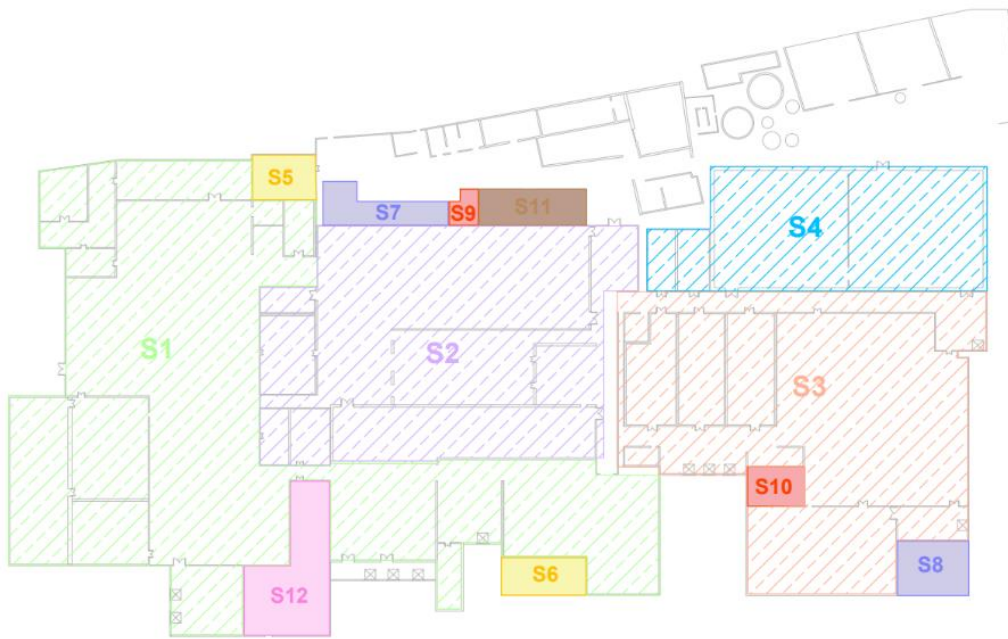


Figura 5.6: Sectorización final

Sector	Superficie (m ²)	Salas	Normativa de aplicación
S1	5298	Producción, oreo y cámaras de frío	RSCIEI
S2	3040	Envasado, túneles y cámaras de frío	
S3	3230	Producción, envasado, oreo y cámaras de frío	
S4	1344	Túneles y salas de congelado	
S5, S6	108, 118	Sala de calderas	DB-SI (CTE)
S7, S8	132, 140	Sala de cuadros eléctricos	
S9, S10	38, 84	Sala de compresores de frío	
S11	140	Taller de mantenimiento	
S12	359	Oficinas	

Tabla 5.4: Clasificación de los sectores

A continuación, se vuelven a calcular los niveles de riesgo intrínseco de los nuevos sectores de incendio que se atienden por RSCIEI (S1-S4):

SALAS DE PRODUCCIÓN								
S1 Área = 5298 m ²								
Id	Sala	Actividad	R _a	q _{vi} o q _{si}	C _i	h _i	S _i	Sumatorio Parcial (MJ)
1	Salas de despiece	Productos de carnicería (P)	1	40	1	-	3350	134.000
2	Muelles de carga	Muelles de carga con mercancías (P)	1,5	800	1,3	-	488	507.520
3	Otras salas	Maquinas (P)	1	200	1,3	-	390	101.400
4	Salas Oreo	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	4	238	371.280
5	Cámaras de frio	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	2	86	67.080
6	Sala Productos Químicos	Productos Químicos (A)	2	1000	1,6	2	23	73.600
		<i>R_a Final</i>	1,5	$\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i$				1.254.880

Tabla 5.5: Clasificación de actividades del sector 1

A partir de la ecuación 3, se calcula la densidad de carga de fuego del sector 1:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a = \frac{1.254.880}{5298} \times 1,5 = 355 \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$$

De esta forma según el rango de valores de la figura 5.4, se identifica el sector de incendio 1 con un nivel de riesgo **BAJO 1**.

SALAS DE ENVASADO								
S2 Área = 3040 m ²								
Id	Sala	Actividad	R_a	q_{vi} o q_{si}	C_i	h_i	S_i	Sumatorio (MJ)
1	Salas de envasado	Alimentación, embalaje (P)	1,5	800	1,3	-	1825	1.898.000
2	Túneles de congelado	Congelados (A)	1	372	1,3	2	105	101.556
3	Cámaras de frio	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	2	326	254.280
R_a Final			1,5	$\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i$				2.253.836

Tabla 5.6: Clasificación de actividades del sector 2

A partir de la ecuación 3, se calcula la densidad de carga de fuego del sector 2:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a = \frac{2.253.836}{3040} \times 1,5 = 1112 \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$$

De esta forma según el rango de valores de la figura 5.4, se identifica el sector de incendio 2 con un nivel de riesgo **MEDIO 3**.

SALAS DE PRODUCCIÓN								
S3 Área = 3230 m ²								
Id	Sala	Actividad	R _a	q _{vi} o q _{si}	C _i	h _i	S _i	Sumatorio (MJ)
1	Sala de despiece	Productos de carnicería (P)	1	40	1	-	1170	46.800
2	Sala de envasado	Alimentación, embalaje (P)	1,5	800	1,3	-	138	143.520
3	Muelles de carga	Muelles de carga con mercancías (P)	1,5	800	1,3	-	368	382.720
4	Otras salas	Maquinas (P)	1	200	1,3	-	100	26.000
5	Cámaras de frío	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	2	214	166.920
6	Sala Oreó	Refrigeradores (A)	1	300	1,3	4	175	273.000
<i>R_a Final</i>			1,5	$\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i$				1.038.960

Tabla 5.7: Clasificación de actividades del sector 3

A partir de la ecuación 3, se calcula la densidad de carga de fuego del sector 3:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} C_i S_i + \sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a = \frac{1.127.620}{1344} \times 1,5 = 482 \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$$

De esta forma según el rango de valores de la figura 5.4, se identifica el sector de incendio 4 con un nivel de riesgo **BAJO 2**.

Túneles y salas de congelado								
S4 Área = 1344 m ²								
Id	Sala	Actividad	R _a	q _{vi} o q _{si}	C _i	h _i	S _i	Sumatorio (MJ)
1	Salas de congelado	Congelados (A)	1	372	1,3	12	420	2.437.344
2	Túneles de congelado	Congelados (A)	1	372	1,3	4	51	98.654
		R _a Final	1	$\sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i$				2.535.998

Tabla 5.8: Clasificación de actividades del sector 4

A partir de la ecuación 2, se calcula la densidad de carga de fuego del sector 4:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a = \frac{2.535.998}{1344} \times 1,5 = 2830 \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$$

De esta forma según el rango de valores de la tabla, se identifica el sector de incendio 3 con un nivel de riesgo **MEDIO 5**.

Esta vez los nuevos sectores de incendio cumplen con las condiciones de sectorización. Y por ello, se pasa a definir los requisitos de protección activa y pasiva de las salas.

Sector	Q _s (MJ/m ²)	Nivel de riesgo	Superficie construida (m ²)	Superficie máxima admisible (m ²)	Sectorización
S1	355	BAJO 1	5298	Sin limite	CUMPLE
S2	1112	MEDIO 3	3040	5000	CUMPLE
S3	482	BAJO 2	3230	6000	CUMPLE
S4	2830	MEDIO 5	1344	3500	CUMPLE

Tabla 5.9: Resumen de valores de la nueva sectorización

6. Aplicación del documento básico de seguridad contra incendios (DB-SI)

6.1. Objeto

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer las reglas y procedimientos que permiten cumplir con las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. El artículo en cuestión del Documento Básico fue aprobado por el Real Decreto 312/2006, de 17 de marzo. La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente.

6.2. Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de este DB se establece para el conjunto del Código Técnico de Edificación (CTE) excluyendo 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”.

En nuestro caso este documento contempla las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio para las salas técnicas y zona de oficinas.

6.3. Compartimentación en sectores de incendio

Al igual que en la aplicación de la normativa RSCIEI se realiza una sectorización, en el DB-SI se establecen las condiciones que deben seguir los edificios para compartimentar en sectores de incendio.

En esta normativa se puede distinguir un pliego de condiciones que acoge a los usos generales de un edificio pero que a la vez tiene en consideración las zonas, que en este documento se consideran “Locales y zonas de riesgo especial”. Estas zonas vienen clasificadas conforme un grado de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen.

En nuestro proyecto la zona de oficinas se aplica a partir del pliego general de condiciones. En cambio, el resto de las salas técnicas (calderas, cuadros eléctricos, compresores de frío y talleres) están incluidas dentro del grupo de “Locales y zonas de riesgo especial” y, en consecuencia, se rigen por otro tipo de criterios.

Teniendo en cuenta las condiciones de compartimentación de la tabla 1.1 de la sección 1 del DB-SI, la zona de oficinas se clasifica dentro del uso previsto del establecimiento como “Administrativo”. Como tal, esta zona de oficinas constituye un sector de incendios independiente al no exceder la superficie límite de 2.500 m².

En cuanto a las zonas de riesgo especial existen varios condicionantes. A continuación, se identifica cada sala por separado según sus condiciones:

- Las salas de calderas de la planta presentan una potencia útil nominal P muy elevada. Al considerar que tienen una $P > 600$ kW, se clasifican estas salas como de riesgo ALTO.
- Las salas de cuadros eléctricos entran dentro de la categoría de “local de contadores de electricidad y de cuadros generales de distribución” de la tabla 2.1 de la sección 1 del DB-SI. Como tal, estas salas siempre se clasifican de riesgo BAJO.
- Las salas de compresores de frío entran dentro de la categoría de “Sala de maquinaria frigorífica: refrigerante amoniaco” de la tabla 2.1 de la sección 1 del DB-SI. Como tal, este tipo de salas siempre se clasifican de riesgo MEDIO.
- Por último, la zona del taller de mantenimiento tiene una superficie de 140 m² y altura mínima de 3 metros. Al tratarse de un taller con un volumen superior a 400 m³, se clasifica esta sala de riesgo ALTO.

De esta forma los niveles de riesgo de las salas mencionadas quedan de la siguiente manera:

Sector	Descripción	Nivel de riesgo
S5, S6	Sala de calderas	LRE ALTO
S7, S8	Sala de cuadros eléctricos	LRE BAJO
S9, S10	Sala de compresores de frío	LRE MEDIO
S11	Taller de mantenimiento	LRE ALTO
S12	Oficinas	-

Tabla 6.1: Sectores por CTE

7. Requisitos constructivos según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco

A continuación, se describen las condiciones y requisitos de protección pasiva que deben cumplir los sectores y zonas de riesgo especial en relación con su seguridad contra incendios. Esto se traduce en las exigencias constructivas y edificatorias. Para el siguiente estudio se agrupan ambas normativas que hacen referencia a sus respectivos sectores, para facilitar su entendimiento

7.1. Ubicaciones no permitidas de sectores de incendio

En el primer apartado del anexo II del RSCIEI se listan los casos donde no se permite la ubicación de sectores de incendio con las actividades industriales incluidas en el artículo 2. De todo el listado, la única situación que se entiende que podría afectarnos es la siguiente:

- a) De riesgo intrínseco medio o alto, a menos de 25 m de masa forestal, con franja perimetral permanentemente libre de vegetación baja arbustiva.

La única parte de la planta con zona forestal es la cara este de la fábrica. De las distintas salas, el sector más cercano a la masa forestal es el sector 6 de la sala de calderas. Finalmente, se comprueba que la distancia supera los 25 m y que por lo tanto está permitido la sectorización.

7.2. Resistencia y reacción al fuego

Los requisitos constructivos se estandarizan a partir de dos parámetros: la resistencia y reacción al fuego. Estos parámetros están directamente relacionados con las características de los materiales. Según el nivel de riesgo, las exigencias estructurales y de protección pueden variar, y con ello el tipo de material apto que cumpla con esas exigencias.

La resistencia al fuego se entiende como la capacidad de un producto o elemento para mantener sus propiedades (estructurales, aislamiento térmico...) en presencia de fuego por un tiempo determinado[5]. Para evaluar la resistencia al fuego de los elementos estructurales se utilizan varios criterios de rendimiento. En concreto, son tres y son los siguientes:

- **R:** Capacidad de carga. Esto se refiere a la estabilidad de los elementos de construcción y obras durante un incendio
- **E:** Llama y sellado de gas caliente. Se refiere a la capacidad de resistir la exposición a un fuego en un lado mientras se detiene el paso de llamas y gases calientes.
- **I:** Aislamiento térmico. Se refiere a la limitación del calentamiento permisible en el lado no expuesto de los elementos de separación

En el caso de la reacción al fuego, esta se entiende como la capacidad de un producto o elemento de contribuir o no al desarrollo del fuego[6]. La normativa española se establece de acuerdo con la combustibilidad e inflamabilidad de los productos. Esta se divide en 5 categorías:

- **M0:** el producto es incombustible, no alimenta el fuego.
- **M1:** el producto es combustible pero no inflamable.
- **M2:** el producto es apenas inflamable.
- **M3:** el producto es moderadamente inflamable
- **M4:** el producto es fácilmente inflamable.

Por lo que hace la clasificación europea se utilizan varios criterios. El primero integra el sistema en seis categorías de requisitos: A, B, C, D, E, F. Además, tiene en cuenta otros dos criterios: la opacidad del humo y las gotas y escombros en llamas.

➤ La opacidad del humo se clasifica de la siguiente manera:

- **s1:** baja cantidad / velocidad
- **s2:** cantidad / velocidad promedio.
- **s3:** gran cantidad / velocidad

➤ Las gotas y escombros en llamas se clasifican según:

- **d0:** sin escombros
- **d1:** sin residuos cuya ignición dura más de 10 segundos.
- **d2:** ni d0 ni d1

7.3. Reacción al fuego de los elementos constructivos

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar según la normativa europea.

A continuación, se definen los requisitos mínimos de revestimiento para los distintos sectores, a partir de la normativa europea:

Normativa de aplicación	Sector	Riesgo	Revestimientos		
			Paredes y techos	Suelos	Interior falso techo
RSCIEI	S1	BAJO 1	C-s3, d0	C _{FL} -s1	B-s3, d0
	S2	MEDIO 3			
	S3	BAJO 2			
	S4	MEDIO 5			
CTE	S5, S6	LRE ALTO	B-s1, d0	B _{FL} -s1	
	S7, S8	LRE BAJO			
	S9, S10	LRE MEDIO			
	S11	LRE ALTO			
	S12	-	C-s2, d0	E _{FL}	

Tabla 7.1: Exigencias de revestimiento para los sectores

Para el revestimiento de paredes, se plantea utilizar paneles sándwich. Estos paneles suelen estar formados por un núcleo interno, compuesto de espumas aislantes, protegido por dos láminas de acero (ver figura 7.1). Son comúnmente utilizados en la sectorización y en general en el revestimiento de paredes por las ventajas que tiene como son el aislamiento térmico que proporcionan, el reducido coste que tienen, la facilidad de montaje y el acabado [7].

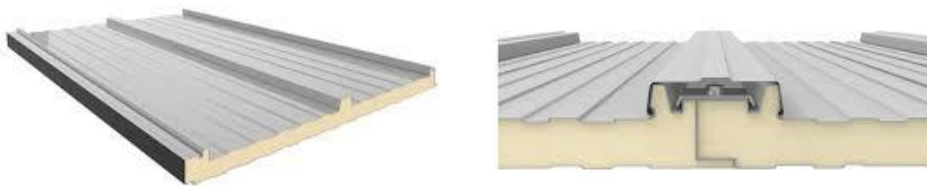


Figura 7.1: Configuración del panel sándwich (Fuente: Panel sándwich Group)

Se sabe que en la actualidad las paredes y techos están revestidos de paneles sándwich de poliuretano (PUR) aunque se desconoce en detalle los revestimientos de las salas técnicas. El panel PUR no es el más adecuado si se consideran las exigencias contra incendio por sus limitadas características de reacción al fuego.

Fijándonos exclusivamente en las exigencias, para los sectores S1 a S4 y zona de oficinas el uso de paneles PUR es suficiente porque tienen una reacción al fuego mínima de C-s3, d0 que puede llegar a B-s3, d0 en función del espesor. A través de la ficha técnica del material proporcionada por un proveedor [8], con un espesor de 40mm nos da una reacción al fuego de B-s3, d0 suficiente para cumplir las exigencias de las salas RSCIEI y zona de oficinas.

Para las salas técnicas, donde se exige una mayor reacción al fuego, el uso de paneles PUR y PIR no es suficiente. En estos casos se plantea utilizar la opción de la lana de roca, la cual presenta las mejores prestaciones contra el fuego[9]. Según la ficha técnica del material [10], independientemente del espesor, se consigue una reacción al fuego A2-s1, d0.

Dicho esto, si lo que se busca es garantizar la seguridad contra incendio la mejor opción de revestimiento es utilizar paneles de lana de roca para toda la planta. Además de proporcionar mejores características de reacción al fuego que otros materiales, se consigue un nivel de resistencia al fuego que los paneles PIR y PUR no tienen[11]. Por ello, se plantea revestir la totalidad de la nave con paneles sándwich de lana de roca.

La exigencia de reacción al fuego en el interior del falso techo se cumple directamente al utilizar los paneles sándwich de lana de roca en los techos. La propia chapa de acero que da al falso techo presenta una reacción al fuego superior a B-s3,

.El revestimiento de suelo de la zona de oficinas está pavimentada con baldosa y con ella ya se cumple la exigencia de reacción al fuego. Para el resto de los sectores de la planta se puede utilizar un revestimiento de resina epoxi, un producto comúnmente utilizado en industrias y con muy buenas prestaciones.

7.4. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se definen por el tiempo en minutos, durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica. De ahí, que al hablar de la resistencia al fuego de una estructura portante tan solo nos fijemos en el parámetro de estabilidad o capacidad de carga (R).

Para determinar la estabilidad de los elementos constructivos se utilizan los criterios de ambas normativas: en los sectores definidos por RSCIEI los valores se establecen en el apartado 4.1 del anexo II y en los sectores definidos por CTE los valores se establecen a partir de varias tablas del DB-SI.

A modo de resumen, en la siguiente tabla se indica la resistencia mínima exigida a la estructura de cada uno de los sectores teniendo en cuenta su nivel de riesgo:

Normativa de aplicación	Sector	Riesgo	Estabilidad estructural portante (R)
RSCIEI	S1	BAJO 1	R 30
	S2	MEDIO 3	R 60
	S3	BAJO 2	R 30
	S4	MEDIO 5	R 60
CTE	S5, S6	LRE ALTO	R 180
	S7, S8	LRE BAJO	
	S9, S10	LRE MEDIO	R 120
	S11	LRE ALTO	R 180
	S2	-	R 60

Tabla 7.2: Exigencias de estabilidad (R) de la estructura portante

Por las limitaciones en el estudio, se desconoce la estabilidad de la estructura metálica actual y en consecuencia no se puede verificar si se cumplen o no las exigencias de la tabla. Dicho esto, se sabe que una estructura metálica no trabaja bien a altas temperaturas: a los 550°C el acero pierde aproximadamente un 60% de su resistencia al fuego. En presencia de fuego presenta dilataciones y reducción de los parámetros resistentes del acero[12].

Un perfil laminado sin proteger difícilmente puede superar R30. De ahí, que sea necesario utilizar sistemas de protección que recubren dicha estructura, mejorando su capacidad de carga al fuego. En el caso que dicha estructura carezca de protección adicional se proponen distintas soluciones para cumplir con las exigencias estructurales.

Las soluciones más comunes a la hora de proteger la estructura metálica es el uso de recubrimientos como paneles ensamblados, morteros proyectados y pinturas intumescentes (ver figura 7.2). Tanto los paneles como los morteros pueden alcanzar capacidades de carga mayores, mientras que la pintura intumescente esta más limitada.

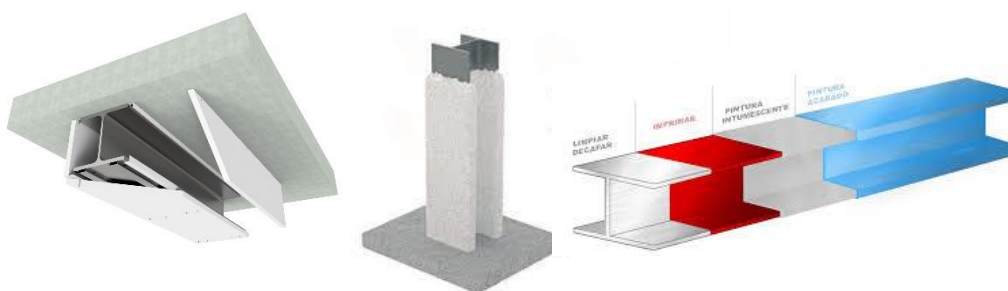


Figura 7.2: Paneles ensamblados (izquierda), mortero proyectado (centro), pintura intumescente (derecha) (Fuente: mercortrecesa)

Ante esta situación, se propone utilizar el recubrimiento por motero proyectado con perlita vermiculita porque, a pesar de ser frágil y poco estético, es el material más económico de todos y que puede llegar a alcanzar R240 dependiendo de la masividad del perfil y con ello cumpliendo los mínimos de la estructura portante[13]. Independientemente de la estabilidad exigida, la idea es aplicarlo en la estructura de todos los sectores.

En la aplicación de todas estas propuestas, se debería estudiar y comprobar que la propia estructura, así como los revestimientos soportan material añadido.

7.5. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las condiciones de aislamiento térmico (I), llama y sellado de gas caliente (E) y capacidad de carga (R) en caso de tratarse de un elemento con función portante. En este caso se estudia el cerramiento de las paredes y falsos techos.

Los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio deberán tener la misma estabilidad al fuego que la *tabla 7.2*. En el caso de tener paredes portantes se exigirá REI mientras que en el resto de los cerramientos se exigirá EI.

Atendiendo a la normativa correspondiente para cada uno de los sectores, se define la resistencia mínima para los elementos constructivos:

Normativa de aplicación	Sector	Riesgo	Resistencia al fuego	
			Paredes y techos	Puertas
RSCIEI	S1	BAJO 1	EI 30	EI 30
	S2	MEDIO 3	EI 60	EI 60
	S3	BAJO 2	EI 30	EI 30
	S4	MEDIO 5	EI 60	EI 60
CTE	S5, S6	LRE ALTO	EI 180	2x EI ₂ 45-C5
	S7, S8	LRE BAJO	EI 90	EI ₂ 45-C5
	S9, S10	LRE MEDIO	EI 120	2x EI ₂ 30-C5
	S11	LRE ALTO	EI 180	2x EI ₂ 45-C5
	S2	-	EI 60	EI ₂ 15-C5

Tabla 7.3: Resistencia al fuego exigida a los elementos de cerramiento

En las paredes de los sectores que, en principio no tienen función portante, se puede conseguir los niveles EI a partir del revestimiento. De ahí, la utilidad de utilizar los paneles sándwich que aportan la resistencia al fuego necesaria. Según la ficha técnica del material [10] con un espesor de 80mm se tiene una resistencia EI 120 mientras que para los locales de riesgo especial alto se necesita un espesor 100mm para llegar a EI 180.

En el caso de tener paredes con función portante el uso de los paneles de sándwich de lana de roca no sería suficiente porque carece de capacidad de carga (R). Se espera que esas paredes con función portante además de tener la estructura metálica y el revestimiento superficial contengan una pared que aporte capacidad de carga (R).

En la planta nos encontramos con varias situaciones donde la pared que compartimenta un sector de incendio acomete a una fachada. En estos casos se debe asegurar que la resistencia al fuego de la fachada sea como mínimo la mitad de la exigida a la pared (ver figura 7.3).

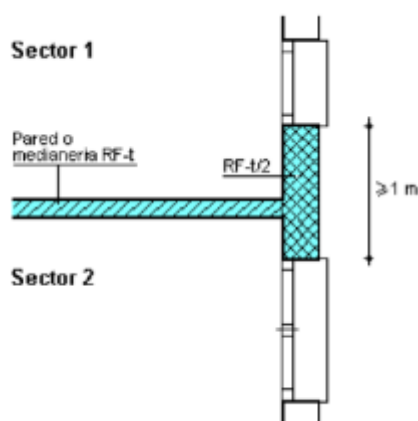


Figura 7.3: Pared que acomete a una fachada (Fuente: RSCIEI)

Por lo general las zonas de paso entre sectores serán de grandes dimensiones teniendo en cuenta la maquinaria y el traslado de mercancía con el que se trabaja. En estos casos se deberán acondicionar puertas cortafuegos con las exigencias de resistencia al fuego de la tabla 7.3.

Para los sectores afectados por RSCIEI se pretende utilizar puertas guillotina cortafuegos en los casos donde no se tenga espacio lateral pero si altura libre y puertas frigoríficas cortafuegos para las salas de frío porque además de tener una resistencia al fuego adecuada, tienen un mejor aislamiento. Según el proveedor ambos modelos cumplirían con las exigencias de resistencia al fuego [14].

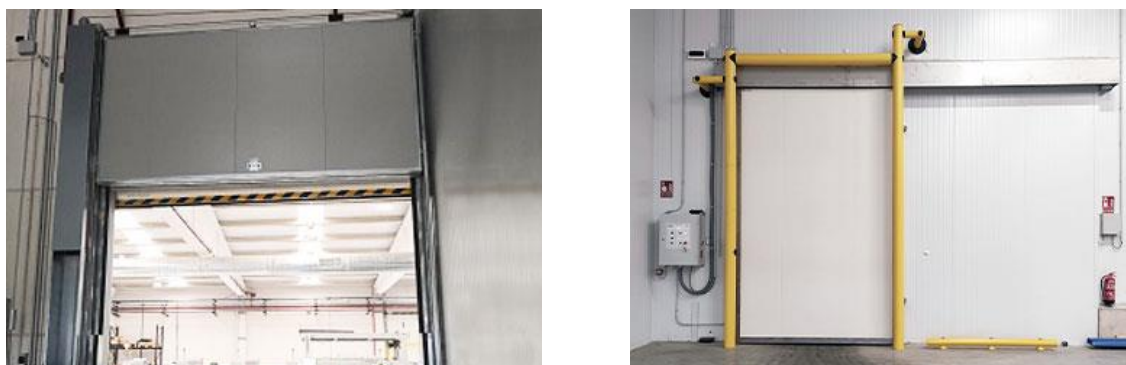


Figura 7.4: Pared guillotina cortafuegos (izquierda) y pared corredera frigorífica (derecha) (Fuente: Kavidoors)

En ambos casos las juntas están revestidas por pintura intumescente, dejando los sectores totalmente sellados en caso de producirse un incendio.

Las puertas cortafuegos de las salas técnicas tendrán dimensiones más normales. Además, los locales de riesgo especial medio y alto deben tener un vestíbulo previo, de tal forma que se tengan que cruzar dos puertas para acceder a la sala. Con todo ello se propone un modelo que cumple con las exigencias de la tabla [15].



Figura 7.5: Ejemplo puerta cortafuegos par salas técnicas (Fuente: VTL)

Por último se debe tener en consideración todos los huecos, horizontales o verticales, que comuniquen un sector de incendio con un espacio exterior a él. Las canalizaciones de ventilación y calefacción, el sellado de orificios de cables eléctricos y canalizaciones de líquidos y las tapas de registro de patinillos de instalaciones deben protegerse ante cualquier incendio. Para los huecos más voluminosos se podrían utilizar directamente paneles de sellado con un mismo material aislante y para los huecos más pequeños, espumas, masillas o sacos intumescentes que permitan un mantenimiento más accesible.

7.6. Evacuación del establecimiento industrial

En la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de la planta se tiene que determinar la ocupación (P) de los sectores. Las salas técnicas se consideran que tienen ocupación nula al considerarse que son de ocupación ocasional.

La ocupación de cada uno de los sectores se calcula dando una aproximación del número de personas que ocupan el sector de incendio (p):

- **S1:** $P = 110 + 1,05 (p - 100) = 110 + 1,05 (250 - 100) = 268$
- **S2:** $P = 1,10p = 1,10 \times 50 = 55$
- **S3:** $P = 110 + 1,05 (p - 100) = 110 + 1,05 (100 - 100) = 110$
- **S4:** $P = 1,10p = 1,10 \times 8 = 9$
- **S12:** $P = 1,10p = 1,10 \times 20 = 22$

En el caso de la planta se tiene varias salidas que dan al exterior del recinto y otras como son el caso de las salas técnicas donde su salida da a la zona exterior de la planta. Independientemente, todas las salidas se tienen en cuenta en el planteamiento del recorrido de evacuación.

La evacuación prevista queda recogida en el plano 2 del anexo C.

En la siguiente tabla se resume en función del riesgo y del número de salidas de cada sector las distancias máximas exigidas de los recorridos de evacuación, así como las dimensiones exigidas de las salidas:

Sector	Ocupación (P)	Riesgo	Numero de salidas	Longitud recorrida de evacuación (m)	Anchura de salidas (m)
S1	268	BAJO 1	>1	50	1-1.2
S2	55	MEDIO 3	>1	50	0.80
S3	110	BAJO 2	>1	50	0.80
S4	9	MEDIO 5	>1	50	0.80
S5, S6	Nula	LRE ALTO	1	25	0.80
S7, S8	Nula	LRE BAJO	1	25	0.80
S9, S10	Nula	LRE MEDIO	1	25	0.80
S11	Nula	LRE ALTO	1	25	0.80
S2	22	-	1	25	0.80

Tabla 7.4: Especificaciones de evacuación

El dimensionamiento de las puertas y pasillos se realiza conforme el CTE. En el cálculo se debe presuponer un caso desfavorable donde una de las puertas queda inutilizada. De esta forma se realiza el dimensionamiento a través de la siguiente formula:

$$A > P/200$$

Donde:

- A = Anchura del elemento (m)
- P = Número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona

En la tabla se muestra la anchura exigida en 0.8 m, que es valor mínimo que se pide a toda puerta de paso, al tener resultados de dimensionado inferiores al mínimo.

La planta no cuenta con escaleras de evacuación de grandes alturas. Como mucho se tienen escaleras que dan al exterior y que son utilizadas para compensar el desnivel que puede haber entre la planta y el suelo. En nuestro caso, como no se tienen escaleras descendentes de evacuación no será necesario protegerlas.

7.7. Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión

Estos sistemas permiten eliminar parte de los humos y gases que se puedan producir en un incendio y con ello el calor generado.

De los casos donde se exige la disposición de estos sistemas se listan los que nos podrían afectar por su nivel de riesgo:

- a) Los sectores con actividades de producción:
 - De riesgo intrínseco medio y superficie construida superior o igual a 2000 m².
- b) Los sectores con actividades de almacenamiento:
 - De riesgo intrínseco medio y superficie construida superior o igual a 800 m².

De esta forma, se deberá instalar un sistema de ventilación y eliminación de humos en los sectores de envasado (S2) y almacenamiento (S4).

8. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales

En este capítulo se establecen los requisitos de protección activa contra incendios, que debe cumplir el establecimiento industrial según las exigencias de aplicación de la normativa tanto del RSCIEI como del CTE.

8.1. Sistemas automáticos de detección de incendio

Estos sistemas permiten detectar un incendio en el tiempo más corto posible y emitir las señales de alarma y localización adecuadas para que puedan adoptarse las medidas apropiadas.

En función de la actividad que se desarrolla en el sector, la configuración del establecimiento y el nivel de riesgo y superficie se establece si es de obligado cumplimiento instalar dicho sistema de protección. De las distintas situaciones se listan las que nos pueden afectar en el trabajo:

- a) Actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento si:
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo es medio y su superficie total construida es de 3.000 m² o superior.
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2.000 m² o superior.

- b) Actividades de almacenamiento si:
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1500 m² o superior.
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m² o superior

En el establecimiento de estudio, será obligatorio instalar sistemas automáticos de detección de incendio tan solo en el sector S2 donde se realiza todo el embalaje del producto, al cumplir con todas las características listadas.

8.2. Sistemas manuales de alarma de incendio

Estos sistemas están constituidos por un conjunto de pulsadores que permiten transmitir voluntariamente por los ocupantes del sector, una señal a una central de control, para poder identificar fácilmente la zona afectada. Su instalación se realiza en paramentos verticales.

Al igual que con los sistemas automáticos de detección de incendio, se indica la instalación obligatoria en función de las características del sector:

- a) Para actividades de producción montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento, si:
 - Su superficie total construida es de 1000 m² o superior o
 - No se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios.
- b) Para actividades de almacenamiento si:
 - Su superficie total construida es de 800 m² o superior
 - No se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios.

En este caso será obligatorio instalar sistemas manuales de alarma de incendio en todos los sectores de incendio (S1-S4).

8.3. Sistemas de comunicación de alarma

Estos sistemas permiten emitir señales acústicas y/o visuales a los ocupantes de un edificio. Puede estar integrada junto con el sistema automático de detección de incendios en un mismo sistema.

Por normativa se exige instalar sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio si la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio es de 10.000 m² o superior. En nuestro caso al tener un establecimiento de unos 13.000 m² será obligatorio instalar los sistemas de comunicación de alarma. Estos sistemas también serán conectados en las salas técnicas y zona de oficinas.

8.4. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios

Sistemas conformados por fuentes de agua (red pública de agua, depósitos,) y equipos de impulsión que abastecen a los sistemas de protección contra incendios.

Se exige que sean instalados cuando sea necesario dar servicio, en condiciones de caudal, presión y reserva, a uno o varios sistemas de lucha contra incendios como pueden ser BIES, rociadores, cañones de espuma, entre otros.

El requerimiento de instalación de este sistema se verá más adelante con la valoración una vez terminada de todos los sistemas de protección.

8.5. Sistemas de hidrantes exteriores

Son sistemas de abastecimiento de agua para uso exclusivo del cuerpo de bomberos y personal debidamente formado.

Su instalación se establece en función de la tabla siguiente:

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

Tabla 8.1: Uso de hidrantes en función de la superficie y riesgo intrínseco del sector (Fuente: RSCIEI)

Vemos que según la tabla no será obligatorio instalar ningún sistema de hidrantes exteriores, considerando las superficies y niveles de riesgo de los sectores:

Sector	Q_s (MJ/m ²)	Nivel de riesgo	Superficie construida (m ²)	Exigido
S1	355	BAJO 1	5298	NO
S2	1112	MEDIO 3	3040	NO
S3	482	BAJO 2	3230	NO
S4	2830	MEDIO 5	1344	NO

Tabla 8.2: Exigencia de instalación de hidrantes en cada sector

8.6. Extintores de incendio

En este caso, será obligatorio la instalación de extintores de incendio en todos los sectores de incendio del establecimiento industrial.

8.7. Sistemas de bocas de incendio equipadas

Estos sistemas están compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y los equipos de bocas de incendio equipadas.

De las distintas situaciones se listan las que nos pueden afectar en el trabajo. Estas son:

- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1.000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y la superficie ocupada es de 500 m² o superior.

En nuestro caso, será obligatorio instalar BIES en los sectores de riesgo MEDIO: S2 (3040 m²) y S4 (1344 m²).

8.8. Sistemas de columna seca

Al tener un establecimiento en planta sobre rasante sin pisos, no se tiene una altura de evacuación. Por esta razón, no será obligatorio instalar sistemas de columna seca.

8.9. Sistemas de rociadores automáticos

De las distintas situaciones, donde se especifica si es necesario o no instalar dichos sistemas, se listan las que por su configuración nos pueden afectar. Estas son:

- a) Para actividades de producción montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento, si:
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 3500 m² o superior.
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2000 m² o superior
- b) Para actividades de almacenamiento si:
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m² o superior

Por normativa, no será obligatorio instalar los sistemas de rociadores automáticos en ninguno de los sectores.

8.10. Sistemas de agua pulverizada

Por normativa, se pide instalar sistemas de agua pulverizada cuando sea necesario refrigerar partes de un sector de incendio que pueda afectar a la estabilidad de su estructura. En nuestro caso al no considerarlo necesario, no se instalarán sistemas de agua pulverizada.

8.11. Sistemas de alumbrado de emergencia

Las vías de evacuación deberán contar con una instalación de alumbrado de emergencia en los sectores S1, S2 y S3 al ser sectores con una ocupación mayor a 25 personas

Además, se deberá instalar alumbrado en los equipos de control, todas las instalaciones de protección manuales (pulsadores, bies y extintores) y en el propio cuadro que controla todo el alumbrado de la nave.

A continuación, se listan las condiciones de las instalaciones de alumbrado:

- Instalación fija, que estará provista de una fuente propia de energía y se activará automáticamente en caso de producirse un fallo del 70 por ciento de su tensión nominal de servicio.
- Deberá mantener las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo.
- En los recorridos de evacuación se deberá tener una iluminancia de un lx, a nivel de suelo.
- En las salas técnicas o espacios con cuadros de control la iluminancia será como mínimo de 5 lx.
- El cociente entre la iluminancia máxima y la mínima será menor que 40.
- Los niveles de iluminación se obtendrán obviando el factor de reflexión de paredes y techos.

8.12. Señalización

La señalización estará provista para indicar los recorridos de evacuación y sus salidas de uso habitual o de emergencia, así como señalar todos los sistemas de protección contra incendios para su localización

Las señales de evacuación quedan definidas en la norma UNE 23034 “Señalización de seguridad” y siguen los siguientes criterios:

- a) Las salidas de la planta han de tener una señal con el rótulo “SALIDA”.

- b) La señal con el rótulo “Salida de emergencia” se utilizan en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
- c) Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, en los casos donde no sea visible directamente la salida.
- d) En los puntos donde existan alternativas de recorrido indicar, al igual que en el apartado c), la dirección correcta.
- e) En las puertas que no sean de salida, indicar con el rótulo “ Sin salida” para evitar cualquier posible confusión.

Las señales de sistemas de protección contra incendios también quedan recogidas en la norma UNE 23034.

A continuación, se muestran las señales posiblemente utilizadas :

				
Señal de extintor portátil	Señal de BIE	Señal de puerta resistente al fuego	Señal de pulsador de alarma	Señal del equipo de control

Tabla 8.3: Señales de sistemas de protección (Fuente: UNE 23034)

				
Señal de salida de emergencia	Señal de Salida	Señal de Sin salida	Señal salida próxima izquierda	Señal de salida próxima derecha

Tabla 8.4: Señales de recorrido de evacuación (Fuente: UNE 23034)

8.13. Resumen sistemas de protección S1-S4

A continuación, se muestran las tablas resumen donde se especifica para cada sector si el sistema de protección es de obligado cumplimiento, para más adelante poder diseñar con detalle todos los sistemas de protección establecidos.

Instalaciones de detección y alarma

Sector	Nivel de riesgo	Sistemas detección automática		Sistema manual de alarma		Sistemas de comunicación de alarma	
		Exigida	Proyecto	Exigida	Proyecto	Exigida	Proyecto
S1	BAJO 1	NO	NO	SI	SI	SI	SI
S2	MEDIO 3	SI	SI	SI	SI		
S3	BAJO 2	NO	NO	SI	SI		
S4	MEDIO 5	NO	NO	SI	SI		

Tabla 8.5: Clasificación de instalaciones de detección y alarma

Instalaciones de extinción

Sector	Nivel de riesgo	Extintores de incendio		Bocas de incendio equipadas		Sistema rociadores automáticos	
		Exigida	Proyecto	Exigida	Proyecto	Exigida	Proyecto
S1	BAJO 1	SI	SI	NO	NO	NO	NO
S2	MEDIO 3			SI	SI	NO	NO
S3	BAJO 2			NO	NO	NO	NO
S4	MEDIO 5			SI	SI	NO	NO

Tabla 8.6: Clasificación instalaciones de extinción

Sector	Nivel de riesgo	Hidrantes exteriores		Sistemas de columna seca		Sistemas de agua pulverizada	
S1	BAJO 1	NO	NO	NO	NO	NO	NO
S2	MEDIO 3	NO	NO	NO	NO	NO	NO
S3	BAJO 2	NO	NO	NO	NO	NO	NO
S4	MEDIO 5	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Tabla 8.7: clasificación instalaciones de extinción

8.14. Sistemas de protección para salas técnicas y zona de oficinas

Para las salas técnicas y zona de oficinas se establecen los siguientes sistemas de protección:

Sector	Sistemas de detección automática		Extintores de incendio		Sistema manual de alarma		Bocas de incendio equipadas	
	Exigida	Planta	Exigida	Planta	Exigida	Planta	Exigida	Planta
S5, S6	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
S7, S8	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
S9, S10	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
S11	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
S12	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO

Tabla 8.8: Clasificación instalaciones de protección en locales de riesgo

9. Diseño de las instalaciones de protección contra incendios

En este capítulo se reúnen todas las características que deben cumplir los equipos y sistemas de protección contra incendios, así como sus partes y componentes.

Tener en cuenta que en el presente proyecto nos centramos tan solo en el diseño de los sistemas, dejando de lado todo el proceso de instalación, puesta en marcha y verificación de su correcto funcionamiento.

9.1. Sistemas de detección y de alarma de incendios

La función principal de los sistemas de detección y alarma es detectar un incendio en su fase inicial, poder emitir las señales de alarma y avisar a los trabajadores y cuerpos de bomberos, si es necesario.

Los equipos de detección de incendio, pulsadores manuales y dispositivos de alarma están interconectados y toda la información que recogen llega al componente central del circuito: el equipo de control y señalización. Este componente realiza la función de cerebro, alimentando a los detectores y otros componentes del sistema, recibiendo las señales que envían los detectores y pulsadores y en caso de que sea necesario, transmitiendo la señal de alarma a dispositivos o servicios de detección.

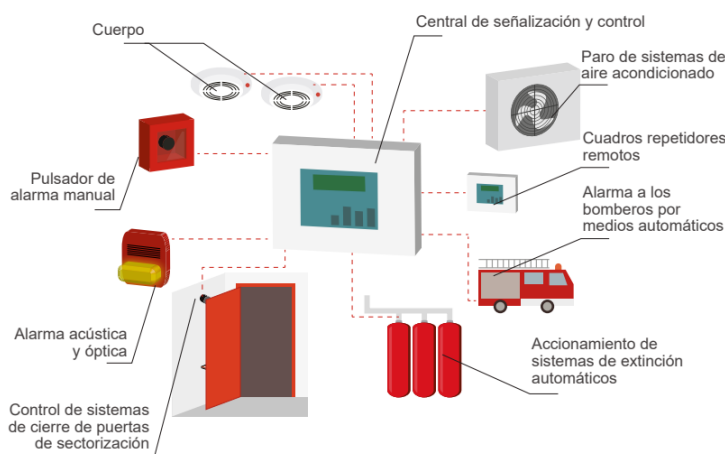


Figura 9.1: Esquema de un sistema de detección de incendios (Fuente: Asepeyo)

Todo el diseño se realiza a partir del fabricante de sistemas de detección de incendios, DETNOV.

9.1.1. Tipo de sistema

En el diseño del sistema se pueden implementar tipos convencionales o analógicos (direccionales) para el circuito que enlaza los detectores, pulsadores y dispositivos de alarma.

Los sistemas convencionales son más sencillos y en consecuencia más económicos. Trabajan por zonas y en un sector se pueden tener grupos de detectores por zonas. En caso de saltar un sensor, este sistema se limita a indicar la zona donde se ha activado el detector.

Los sistemas direccionales, pese a ser más caros, son bastante más sofisticados. Su principal ventaja es que permiten identificar el lugar o área donde se produce la señal de alarma, con el uso de lazos. Con este sistema se consigue identificar en concreto el detector activado.

Los sistemas direccionales son más adecuados para edificios y naves de grandes dimensiones porque permite localizar el punto exacto de activación. Además, presenta otras ventajas como poder incorporar los dispositivos de alarma dentro del lazo del circuito y habilitar una activación automática de extinción desde la central.

Por lo tanto, se implementará un sistema analógico de detección con una central de control y varios lazos que conecten todos los dispositivos. Pese a ser más caro, se adecua mejor al tipo de edificio y da lugar a poder incorporar más dispositivos de forma más sencilla en un futuro.

La distribución de detectores, pulsadores, dispositivos de alarma y centrales de control queda dispuesto en el plano 3 del anexo C.

9.1.2. Elección de detectores

La elección del tipo de detector puede depender de varios factores, entre ellos la configuración de la zona y la forma en la que arden los materiales presentes. No todos los detectores responden con la misma velocidad a distintos tipos de incendio y por ello se debe estudiar para cada zona de protección cual es el detector o combinación de detectores más adecuado, en función del tipo de incendio que se puede generar.

Estos detectores están diseñados para detectar uno o más fenómenos de incendio y podemos encontrar distintos tipos:

- Detectores de humo de ionización o ópticos
- Detectores térmicos o de calor

- Detectores de llama
- Detectores de gases
- Detectores multisensorial
- Detectores de otros productos de combustión

En nuestro caso se instalarán detectores en el sector de envasado (S2) al ser exigido por normativa, en la zona de oficinas y en las salas técnicas porque, pese a no ser exigidos por normativa, se consideran de gran valor al ser zonas sin presencia continua de personal.

Los detectores de humo óptico se instalarán en el sector de envasado, las salas de cuadros eléctricos, taller de mantenimiento y zona de oficinas. Estos detectores suelen dar la respuesta más rápida y son sensibles al humo que contiene grandes partículas, haciéndolos adecuados para dichas salas.

En las salas de calderas y salas de compresores de frío no es recomendable utilizar sensores de humo ya que pueden dar lugar a falsas alarmas, teniendo en cuenta el tipo de salas. En cambio, una buena alternativa es utilizar detectores de calor, pese a que no sean sistemas con una respuesta tan rápida. Adicionalmente, se instalarán detectores de gas en caso de fuga que pueda generar una atmósfera explosiva.

9.1.2.1. Pautas de distribución de detectores

La distribución de los detectores puntuales de humo y calor sigue la normativa UNE 23007, donde se especifican las características de distribución a partir de la siguiente tabla:

Superficie del local (m ²)	Tipo de detector	Altura del local (m)	Pendiente ≤ 20°		Pendiente > 20°	
			S _v (m ²)	D _{máx.} (m)	S _v (m ²)	D _{máx.} (m)
SL ≤ 80	UNE-EN 54-7	≤ 12	80	6,3	80	6,3
SL > 80	UNE-EN 54-7	≤ 6	60	5,5	90	6,7
		6 < h ≤ 12	80	6,3	110	7,4
SL ≤ 30	UNE-EN 54-5, Clase A1	≤ 7,5	30	3,9	30	3,9
	UNE-EN 54-5, Clase A2, B, C, D, E, F, G	≤ 6	30	3,9	30	3,9
SL > 30	UNE-EN 54-5, Clase A1	≤ 7,5	20	3,2	40	4,5
	UNE-EN 54-5, Clase A2, B, C, D, E, F, G	≤ 6	20	3,2	40	4,5

Tabla 9.1: Parámetros de distribución de detectores (Fuente: UNE 23007)

Todos los sectores de estudio tienen techos planos (pendiente 0°) y todos presentan una altura del local inferior o igual a 6 m. Su instalación deberá estar a menos del 5% de la altura superior de la habitación.

Con esta tabla se definen los valores de superficie vigilada (S_v) y distancia máxima horizontal desde cualquier punto del techo hasta el detector (D_{max}) de los sectores de estudio:

Sector	Superficie del local (m ²)	S_v (m ²)	D_{max} (m)
S2 envasado	3040	80	6,3
S5 sala calderas	108	60	5,5
S6 sala de calderas	118		
S7 sala de cuadros eléctricos	130	60	5,5
S8 sala de cuadros eléctricos	140		
S9 sala de compresores	36	20	3,2
S10 – Sala de compresores	82	60	5,5
S11 Taller de mantenimiento	143	60	5,5
S12 Zona de oficinas	359		

Tabla 9.2: Parámetros exigidos para cada sector

Además, para tener una distribución adecuada, optimizando el radio de los detectores y sin dejar puntos muertos, se utiliza la matriz de distribución de la figura 9.2.

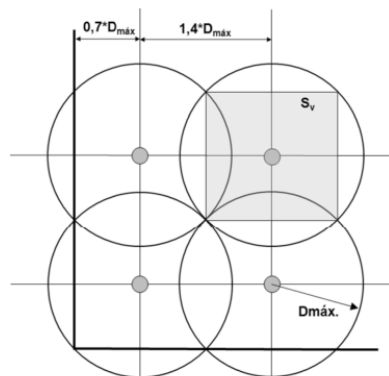


Figura 9.2: Matriz óptima de distribución (Fuente: UNE 23007)

9.1.2.2. Detectores de humo

Respetando las pautas de distribución de detectores, se instalarán 48 detectores de humo óptico analógicos del modelo DOD 220A del catálogo DETNOV. Estos detectores tienen un principio de detección basado en el efecto Tyndall¹.



Figura 9.3: Modelo detector de humo DOD 220A (Fuente: Catálogo Detnov)

Concretamente se instalarán 32 detectores en el sector de envasado, un total de 7 detectores en las salas de cuadros eléctricos (3 en el S7 y 4 en el S8), 3 detectores en el taller de mantenimiento y 6 detectores en la zona de oficinas.

9.1.2.3. Detectores de calor

Este tipo de detector no es el más adecuado si se requiere una respuesta muy rápida, ya que suelen activarse cuando las llamas alcanzan aproximadamente un tercio de la distancia desde el suelo hasta el techo. Sin embargo, es la mejor opción después de los detectores de humo.

En este caso, se instalarán 9 detectores termovelocimétricos para las salas de calderas y salas de compresores de frío. El modelo instalado es DTD 210A del catálogo DETNOV.



Figura 9.4: Modelo detector de calor DTD 210A (Fuente: Catálogo Detnov)

¹ fenómeno físico que causa que las partículas en una disolución o gas sean visibles al dispersar la luz.

Cuatro de los detectores se instalarán en las salas de calderas (2 en el S5 y 2 en el S6) y los restantes en las salas de compresores de frío (3 en el S9 y 2 en el S10).

9.1.2.4. Detectores de gas natural

En las salas de calderas, además de los detectores de calor, se instalarán detectores de gas natural al ser este el tipo de gas utilizado en las salas. Tienen un área de cobertura de 20 m², por lo tanto, se instalarán un total de 4 detectores de gas (2 para cada sala de calderas) del modelo DGD 600 que además podrán ser incorporados dentro del lazo del circuito.



Figura 9.5: Detector de gas natural DGD 600 (Fuente: Catálogo Detnov)

Su emplazamiento seguirá un criterio ligeramente distinto al de los detectores de humo y calor. Se colocarán a 30 cm bajo el techo, al ser un gas con una densidad inferior a la del aire y que por lo tanto ascenderá.

9.1.3. Detectores de gas amoniac

Las salas de compresores de frío funcionan con amoniac y, en consecuencia, se clasifica como una zona ATEX. Este acrónimo proviene de "Atmosferas Explosivas" y se utiliza para referirse a la mezcla de aire con una sustancia inflamable que en caso de inflamarse se propaga liberando mucha energía.

En este caso, se instalarán 2 detectores para cada sala de compresores del modelo S/3-2 de sensor remoto de DETNOV y deberá instalarse una central de control independiente al sistema general por las limitaciones de diseño exigidas.



Figura 9.6: Modelo detector gas amoníaco S/3-2 (Fuente: Catálogo Detnov)

El criterio de emplazamiento es idéntico al del detector de gas natural. En este caso, al trabajar con amoníaco (NH₃) el cual tiene una densidad de 0,59, inferior a la del aire, los sensores se deberán disponer a unos 30 cm del techo.

9.1.4. Pulsadores de alarma

Los pulsadores de alarma se situarán en las rutas de escape y en cada una de las salidas al exterior. También se instalarán en las salas técnicas y zona de oficinas.

Su distribución se realiza sabiendo que deben situarse en puntos de los locales donde los trabajadores no tengan que recorrer más de 25 m hasta un pulsador. Además, se tendrán a una altura razonable de entre 0,8 y 1,6 m, para facilitar su activación.

Se instalarán 35 pulsadores analógicos en toda la planta, del modelo MAD 450 de DETNOV.



Figura 9.7: Pulsador de alarma MAD 450 (Fuente: Catálogo Detnov)

9.1.5. Dispositivos de alarma

Se deberán disponer de dispositivos de alarma ya sean acústicos o visuales que den el aviso a los trabajadores de la planta. De esta forma, en el caso que salte el sensor de alguno de los detectores se active automáticamente el aviso de alarma.

En cuanto a las exigencias de diseño, se tendrán dispositivos de alarma con un sonido igual o superior a 65 dB pero que nunca superen los 120 dB. Y la frecuencia del sonido deberá situarse entre 500Hz y 2000Hz.

Respetando las consideraciones anteriores se instalarán 5 dispositivos de sirena con flash analógica (visual y acústica) del modelo MAD 465 I con aislador de DETNOV.



Figura 9.8: Sirena con flash MAD 465 I (Fuente: Catálogo Detnov)

Dispone de 3 tonos seleccionables mediante el micro interruptor y 3 volúmenes configurables: bajo, medio y alto.

9.1.6. Equipo de control e indicación

Se deberán instalar un total de 101 dispositivos desde detectores de humo, calor y gas y los dispositivos manuales de alarma y acústicos. Dada la distribución de los dispositivos por toda la nave se utilizará una central de control de dos lazos modelo CAD-150-2 al estar limitados por la longitud de cable de cada lazo. En este caso la longitud máxima de cada lazo será de 2 km y recorrerán cada uno de los dispositivos conectados.



Figura 9.9: Central de control CAD-150-2 (Fuente: Detnov)

El equipo de control se instalará en la zona de oficinas ya que es una de las primeras zonas de acceso al recinto y podrá facilitar su llegada a servicios, en caso de que sea necesario.

No se ha querido instalar en el taller de mantenimiento, porque pese a ser el lugar más adecuado teniendo en cuenta que el personal de mantenimiento será el encargado de llevar todo el control, la zona es de difícil acceso desde la calle, y complicaría la llegada a los servicios externos.

Además, se instalarán dispositivos con aisladores incorporados cada cierto elemento. Con esto se consigue que en caso de que este dispositivo falle se puede ignorar y el sistema pueda seguir funcionando sin necesidad de ser reparado urgentemente.

Por último, se tendrán instalados módulos repetidores en varios puntos de la nave. Gracias a esto se podrá acceder a toda la información sin necesidad de ir hasta la central de control en la zona de oficinas.

Los detectores de gas para las salas de compresores estarán conectados a otro equipo de control independiente, según la norma. De esta forma, se tendrá el equipo instalado fuera de las salas donde se controlará todo el sistema.

Todo el cableado recorrerá los detectores, pulsadores y dispositivos de alarma y su instalación será a través del falso techo de las distintas salas, procurando, dando las medidas de protección y aislamiento necesarias.

9.2. Sistema de extintores de incendio

Se instalarán extintores móviles en todos los sectores de la planta. La elección y emplazamiento de los extintores se realiza a partir de varios criterios como la clase de fuego, la eficacia, el agente extintor y la propia superficie del sector.

Parte fundamental de la elección de los extintores es entender que zona se está protegiendo y que tipo de fuego se puede generar en ese perímetro. Existen diferentes clases de fuego y se clasifican según la norma UNE-EN 2:

- a) **Clase A:** Fuegos de materiales sólidos, generalmente de naturaleza orgánica, cuya combinación se realiza normalmente con la formación de brasas.
- b) **Clase B:** Fuegos de líquidos o de sólidos licuables.
- c) **Clase C:** Fuegos de gases.
- d) **Clase D:** Fuegos de metales.
- e) **Clase F:** Fuegos derivados de la utilización de ingredientes para cocinar en los aparatos de cocina.

Conociendo el tipo de fuego que se puede generar, se clasifican los agentes extintores que mejor se adecuan a las distintas tipologías, a partir de la siguiente tabla:

Agente extintor	Clase de fuego			
	A(sólidos)	B(líquidos)	C(gases)	D(metales especiales)
Agua pulverizada	(2) ^{***}	*		
Agua a chorro	(2) ^{**}			
Polvo BC		***	**	
Polvo ABC	**	**	**	
Polvo especial metales				**
Espuma física	**	**		
Anhídrido carbónico	(1) [*]	*		

Tabla 9.3: Agentes extintores y su adecuación a la clase de fuego (Fuente: RIPCI)

Siendo: *** Muy adecuado, ** Adecuado, * Aceptable

Nota:

- (1) En fuegos poco profundos (inferior a 5mm) puede asignarse **.
- (2) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores.

EN nuestro caso, se podrían producir fuegos de clase A y C. Como tal, se propone utilizar el agente extintor en Polvo ABC, porque además de dar la protección necesaria a nuestra planta, también serian adecuados para fuegos clase B.

Todos los sectores de incendio incluyendo salas técnicas y zonas de oficinas deberán tener extintores con una eficacia mínima de 21A

9.2.1. Distribución de los extintores

Las exigencias de diseño y distribución de extintores quedan establecidas en la UNE 3-7 "Extintores portátiles de incendio".

Los extintores se instalarán cerca de los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse un incendio y si es posible en las salidas de emergencia. Además, cualquier punto del sector deberá tener un extintor a menos de 15 m de distancia. Para las salas técnicas se recomienda instalar siempre un extintor a la salida y en caso de que eso no cubra el radio de distancia, instalar dentro de la sala.

En cuenta a la colocación, los extintores portátiles se recomienda instalarlos a una altura entre 80 y 120 cm del suelo. Todos los extintores irán acompañados de señalización y en caso de que sea necesario por falta de visibilidad, también se instalarán señales adicionales que indiquen el extintor más próximo.

La distribución y emplazamiento del sistema de extintores de incendio se puede encontrar el plano 4 el anexo C.

9.2.2. Modelo de extintores

Para toda la planta se propone utilizar extintores de carga nominal de 6kg, el cual entra dentro de las cargas aceptadas para las eficacias que se tienen.

Se instalarán 58 extintores del modelo de polvo ABC de 6kg y eficacia 27A-183B de EXTINHOUSE para toda la planta, juntos con las señales y armarios de soporte.



Figura 9.10: Modelo extintor polvo ABC 6kg (Fuente: Extinhouse)

9.3. Sistema de bocas de incendio equipadas

Este sistema está compuesto por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y las bocas de incendio equipadas, que son las que proyectan el agua a presión para extinguir un fuego.

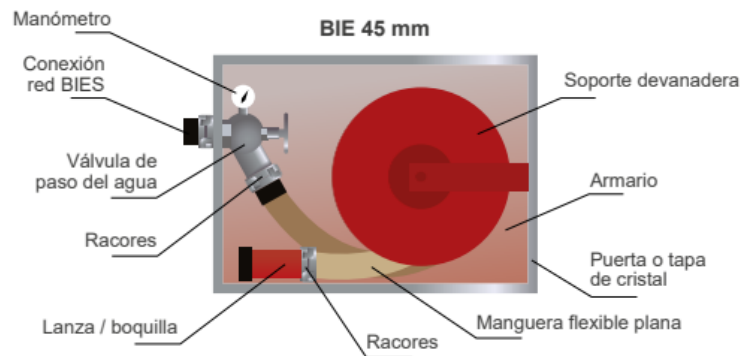


Figura 9.11: Esquema de una boca de incendio (Fuente: Asepeyo)

Este sistema se instalará en el sector de envasado (S2), el sector de almacenamiento (S4), las salas de calderas (S5,S6) y el taller de mantenimiento (S11).

El tipo de BIE a instalar depende del nivel de riesgo de los sectores de incendio y su criterio es el siguiente:

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

Tabla 9.4: Requisitos de diseño por nivel de riesgo (Fuente: RSCIEI)

*Se admitirá BIE 25 mm como toma adicional del 45 mm, y se considerará, a los efectos de cálculo hidráulico, como BIE de 45 mm.

Tanto a los sectores de riesgo medio (S2 y S4) como a las salas técnicas (calderas y taller de mantenimiento) se les exige una boca de incendio con un diámetro nominal de 45 mm. La particularización de diseño marcada en asterisco no se tendrá en cuenta.

De esta forma, las características de las BIES para cada sector quedan de la siguiente manera:

Sector	Tipo de BIE utilizada	Simultaneidad	Tiempo de autonomía
S2 envasado	DN 45mm	2	60 minutos
S4 almacenamiento	DN 45mm	2	60 minutos
S5,S6 salas de calderas	DN 45mm	2	60 minutos
S11 Taller de mantenimiento	DN 45mm	2	60 minutos

Tabla 9.5: Tipo de BIE escogida

Las bocas de diámetro 45 mm, utilizan mangueras planas que se vuelven cilíndricas con la salida del agua a presión. Esto hace que sean más difíciles de manejar y se necesite personal formado para su utilización. Este sistema sigue la norma UNE EN 671.

9.3.1. Distribución y emplazamiento de las BIES

En cada uno de los sectores mencionados se deberá tener como mínimo una boca de incendio equipada. Si se instala más de un BIE, la separación máxima entre dos bocas de incendio no puede superar los 50 m y en caso de que se instalen BIES en salidas de sector de incendio, no estarán situadas a más de 5 m de la salida.

Además, se exige que la distancia desde cualquier punto no exceda el radio de acción de la BIE, siendo este radio de unos 25 m con la manguera completamente extendida. En cuanto a la colocación, se pide que el centro de la boca de incendio equipada no esté a más de 1,5 m del suelo.

Respetando las exigencias anteriores, se instalarán 11 bocas de incendio equipadas del modelo EACI 20 de 45 mm



Figura 9.12: Boca de incendios equipada EACI20 (Fuente: Catálogo Eaci)

La distribución queda representada en el plano 4 del anexo C.

9.3.2. Exigencias de diseño

Se aconseja que la presión en la boquilla no sea inferior a 2 bar, para tener suficiente fuerza, ni superior a 5 bar para no complicar el manejo de la manguera. A la vez, se exige que los diámetros equivalentes o diámetros del orificio de la lanza-boquilla mínimos sean de 13 mm para las BIES de 45 mm.

Con este valor de diámetro equivalente y tipo de BIE, se tiene una constante hidráulica (K) de 85. Esta contante se puede traducir en la pérdida de carga que hay entre la entrada de la BIE y la salida por la boquilla y tiene un valor aproximado de 1,5 bar para una BIE de 45 mm con una constante de 85.

Hay diversidad de opiniones en cuanto al caudal recomendado en el uso de las BIES. Su valor está directamente relacionado con la presión manométrica de la entrada de BIES, a partir de la siguiente ecuación.

$$Q = K \cdot \sqrt{P} \quad (\text{ec. 4})$$

Donde:

Q : Caudal (l/min)

K : Constante hidráulica

P : Presión manométrica (bar)

Como último aspecto importante, se debe garantizar que la red de BIES suministre, simultáneamente, el caudal necesario a dos BIES de un mismo sector durante una hora. Este punto es crucial para un diseño correcto del sistema y se ha de tener en cuenta la combinación de las BIES más desfavorables.

9.3.3. Diseño del sistema

Para el diseño del sistema, se propone utilizar un caudal de 200 l/min que es el comúnmente utilizado en España. De esta forma se tendrá una presión de entrada a la BIE:

$$P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{200}{85}\right)^2 = 5,54 \text{ bar}$$

La propia pérdida de carga de la manguera hará que este valor de presión en la boquilla quede por encima de 2 bar y por debajo de 5 bar.

Los valores utilizados quedan de la siguiente manera:

Tipo de BIE	Diámetro equivalente (mm)	Coefficiente hidráulico K	Presión en la entrada BIE (bar)	Caudal de agua por BIE (l/min)	Caudal simultaneo a dos BIES (l/min)
45 mm	13	85	5,54	200	400

Tabla 9.6: Valores de diseño de BIES

9.3.4. Dimensionado de las tuberías

La selección del diámetro de la tubería depende de la velocidad máxima de fluido que se quiera tener. Principalmente diferenciaremos dos tipos de tuberías según sus exigencias de simultaneidad: las tuberías donde pueda haber un caudal de simultaneidad y las tuberías donde solo se tenga un caudal (tuberías que conectan con las BIES).

Para las BIES de 45 mm, se utilizan tuberías de acero galvanizado de 3" o 80 mm de diámetro nominal para las secciones donde pueda haber una simultaneidad de caudal. Por otro lado, para las tuberías que solo alimentan el caudal de una BIE, se utilizarán tuberías del mismo material de 2 1/2" o 65mm de diámetro nominal

Este razonamiento se justifica con la velocidad que tienen los fluidos dentro de la tubería. Para calcular dicha velocidad se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = V \cdot S \quad (\text{ec. 5})$$

Donde:

Q : Caudal (m^3/s)

V : Velocidad del fluido (m/s)

S : Superficie de la sección de paso (m^2)

De esta forma, con las dimensiones de tuberías escogidas se tendría los siguientes valores de velocidad:

Dimensión de tubería	Simultaneidad	Caudal suministrado (l/min)	Velocidad (m/s)
3" o 72 mm de diámetro interior	2	400	1,635
2"1/2 o 58 de diámetro interior	1	200	1,249
3" o 72 mm de diámetro interior	1	200	0,810

Tabla 9.7: Velocidad según caudal y diámetro

Las velocidades para cada dimensionado entran dentro del rango aceptable de valores, que evitan posibles ruidos o vibraciones de las tuberías de acero.

9.3.5. Simultaneidad de BIES

Como ya se ha mencionado, un aspecto crucial en el diseño es estudiar la situación más crítica en el abastecimiento simultaneo de dos BIES. Esto se traduce en determinar el valor de presión mínima necesaria en la red de tuberías para garantizar un correcto funcionamiento.

En este caso, lo más lógico será estudiar la simultaneidad del sector de envasado, al ser la zona más alejada del sistema de impulsión con más de una BIE. Además, se comprobará que la presión en las BIES individuales más alejadas no superen este valor límite.

9.3.6. Red de tuberías

En el diseño de la red de tubería se busca determinar el valor de la presión mínima necesaria que permita abastecer cualquier punto de la red sin tener problemas de presión. Para ello se calcula la altura manométrica de la instalación en las distintas hipótesis.

Este parámetro se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$H_m = H_a + H_i + H_p + H_s + P_s \quad (ec. 6)$$

Donde:

H_m : Altura manométrica (mca)

H_a : Altura geométrica de aspiración (mca)

H_i : Altura geométrica de impulsión (mca)

H_p : Pérdidas por rozamiento en tuberías (mca)

H_s : Pérdidas por rozamiento en accesorios (mca)

P_s : Presión de servicio BIE (mca)

Se tiene el siguiente esquema de tuberías:

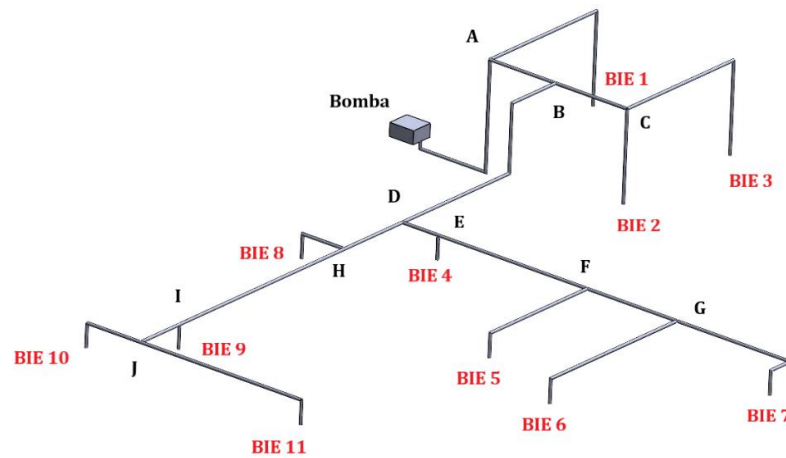


Figura 9.13: Esquema de estudio de la red de tuberías

9.3.7. Recorrido crítico

A partir de los cálculos realizados en el anexo A, se llega a dos hipótesis con los valores más críticos de todos. Estos valores son:

Hipótesis	H_p (mca)	H_s (mca)	H_r (mca)
BIE 5 + BIE 6	8,3504	1,778	10,129
BIE 6 + BIE 11	8,401	1,9927	10,3937

Tabla 9.8: Pérdidas de rozamiento de las simultaneidades consideradas

Se puede comprobar como la simultaneidad de BIE 6 + BIE 11 presenta las mayores pérdidas por rozamiento y en consecuencia será la utilizada para dimensionar el sistema de abastecimiento.

La altura geométrica de aspiración se deja en 0 mca ya que el depósito se instalará en superficie al igual que la bomba, y como mucho se tendría una altura negativa.

En cuanto a la altura geométrica de impulsión se establece en 16 mca ya que es la mayor diferencia entre el punto bajo y alto de la red.

La presión de servicio se establece en 56,5 mca, que es la presión definida en la entrada de la boca de incendio.

Por último, los valores de pérdidas de carga de rozamiento por tramo se definen en la siguiente tabla:

Tramo	D (m)	V (m/s)	L (m)	ΔL (m)	J (mca/m)	H_p (mca)	H_s (mca)	H_r (mca)
Bomba-A	0,072	1,621	27,00	9,50	0,0509	1,3743	0,4835	1,8578
A-B	0,072	1,621	11,00	5,20	0,0509	0,5599	0,2646	0,8245
B-D	0,072	1,621	41,00	8,50	0,0509	2,0869	0,4326	2,5195
D-E	0,072	0,81	6,00	2,10	0,0133	0,0802	0,0279	0,1081
E-F	0,072	0,81	25,00	1,60	0,0133	0,3345	0,0212	0,3557
F-G	0,058	1,249	15,00	7,50	0,0406	0,609	0,3045	0,9135
G-BIE 6	0,058	1,249	29,50	1,30	0,0406	1,1774	0,0527	1,2301
D-H	0,072	0,81	12,00	1,60	0,0133	0,1596	0,0649	0,2245
H-I	0,072	0,81	34,00	2,80	0,0133	0,4522	0,1136	0,5658
I-J	0,058	1,249	8,00	4,30	0,0406	0,3248	0,1745	0,4993
J-BIE 11	0,058	1,249	30,50	1,30	0,0406	1,2383	0,0527	1,291
\sum Tramos						8,401	1,9927	10,3937

Tabla 9.9: Pérdida de rozamiento por tramos del conjunto BIE 6 + BIE 11

Sustituyendo todos los valores en la ecuación 6, se obtiene la altura manométrica de la red:

$$H_m = H_a + H_i + H_p + H_s + P_s = 0 + 16 + 10,3937 + 56,5 = 82,893 \text{ mca}$$

Por lo tanto, la presión en el punto de bombeo deberá ser como mínimo de 82,893 mca

9.4. Sistema de abastecimiento

En el diseño se tiene en cuenta las medidas instaladas, que en nuestro caso solo son las bocas de incendio. Para cumplir con los niveles de caudal y presión de agua se deberá definir la fuente de agua y equipos de impulsión necesarios.

Según normativa UNE 23500, al ser un sistema de abastecimiento con solo bies se clasifica de categoría III y se impone un abastecimiento doble. Es decir que como mínimo tendrá dos equipos de impulsión instalados.

El depósito será tipo A, muy común en la reserva de agua, y deberá tener una capacidad efectiva del 100% del volumen calculado. Deberá ser rellenado en un tiempo máximo de 36h y su reposición será automática.

9.4.1. Dimensionado del depósito

En nuestro caso trabajaremos con un depósito en superficie conectado al equipo de impulsión también instalado sobre rasante. Se colocará en la zona exterior de la nave cerca de las salas de congelado.

Para su dimensionado, consideramos la situación más crítica de simultaneidad planteada (BIE 6 y BIE 11) debiendo abastecer el caudal necesario durante mínimo una hora:

$$C_{ABA} = N.^\circ \text{ de bies en simultaneidad} \cdot \text{Caudal necesario por bie} \cdot \text{Duración}$$

$$C_{ABA}(l) = 2 \cdot 200 (l/min) \cdot 60 (min) = 24.000 \text{ litros}$$

$$C_{ABA}(m^3) = 24.000 (l) \cdot \left(\frac{1m^3}{1000 l} \right) = 24 m^3 \text{ de depósito}$$

Por lo tanto, deberemos tener un depósito que como mínimo tenga capacidad para 24 m³ de agua. Se podría tener un depósito de 3,12 Ø/ 4,21 H.

9.4.2. Equipo de impulsión

El dimensionado dependerá principalmente de dos parámetros:

- Caudal total de la bomba
- Altura manométrica total

En nuestro caso el equipo de impulsión deberá proporcionar un caudal de 24 m³/h a una presión de 82,893 mca, según el dimensionado de la red de tuberías.

A partir del catálogo de equipos industriales de impulsión de EBARA, se propone utilizar una bomba AFU12-GS 32-250/15 con un caudal nominal de 24 m³/h y una altura manométrica de 83 mca, suficiente para abastecer el sistema.

El grupo contra incendios estará formado por:

- Bomba principal eléctrica, que trabajará para suministrar el caudal de agua necesario a la presión requerida.
- Bomba de reserva diésel de 15 kW con depósito de combustible de 40 litros, que entrará en funcionamiento en caso de que la bomba principal falle. :
- Bomba auxiliar Jockey de 1,85 kW, que mantendrá presurizada toda la instalación o hará frente a pequeñas demandas o posibles fugas.



Figura 9.14: Equipo de impulsión EDJ (Fuente: EBARA)

9.5. Sistema de exutorios

Para el diseño de los sistemas de ventilación se ha utilizado la normativa UNE 23585 “Sistemas de control y evacuación de humos”. Estos sistemas se instalarán en los sectores S2 y S4 de la planta, que seguirán diseños ligeramente diferentes por sus características.

9.5.1. Sector de almacenamiento

Se instalarán exutorios de extracción natural al ser adecuados teniendo en cuenta la configuración de la sala. Los exutorios se instalarán como veremos más adelante, en la cubierta como exutorio y en la fachada como entrada de aire.

9.5.1.1. Depósito de humos

Según la norma UNE 23585-2017 un depósito de humos es una zona dentro de un edificio limitada o bordeada por cortinas de humos o elementos estructurales que retienen la capa de humo flotante que se crea.

Por normativa se exige que la superficie máxima de cualquier depósito de humo no supere los 2000 m² si se adoptan aireadores naturales.

En el caso del sector de almacenamiento al tener una superficie de 1250 m² se puede considerar la sala como un solo depósito de humo.

9.5.1.2. Modelo de incendio

El modelo de incendio permite predecir el comportamiento del fuego, en función de las características de las salas.

En nuestro caso al trabajar con una sala de almacén de 15 m de altura se utiliza el modelo de almacenamiento de gran altura (>5 m). Este modelo presenta los siguientes parámetros:

Edificio de almacenamiento en altura.			
	Área de incendio (A_f) m^2	Perímetro del incendio (P) m	Flujo de calor liberado (q_f) kW/m^2
Rociadores de techo, independientemente de su tipología	$4/3h(w+x)$	$2(w+4x)$	$q_f(\text{bajo}) = 250$
Rociadores intermedios	$2/3h(w+x)$	$(w+4x)$	$q_f(\text{alto}) = 625$
Sin rociadores	81	36	$q_f(\text{bajo}) = 250$ $q_f(\text{alto}) = 1250$

Tabla 9.10: Parámetros de diseño para edificios de almacenamiento en altura (Fuente: UNE 23585)

Para nuestro sector de almacenamiento, al no tener sistema de rociadores, los parámetros establecidos son los siguientes:

- Área de incendio (A_f): 81 m²
- Perímetro del incendio (P): 36 m
- Flujo de calor liberado (q_f): 250 kW/m²

9.5.1.3. Dimensionado del sistema

A partir de todos los cálculos (ver ANEXO B), se obtiene la superficie aerodinámica total de aireadores naturales, que nos define la superficie que ocuparán los exutorios en el depósito de humo:

$$A_v \cdot C_v = 65,69 \text{ m}^2$$

Escogiendo el modelo *LAMILUX F100 de PREFIRE* de 180x250cm y $A_v \cdot C_v = 2,93 \text{ m}^2$ se puede obtener el número de exutorios necesarios para cubrir la superficie aerodinámica total de 65,69 m²

$$N^{\circ} \text{ exutorios} = \frac{A_v \cdot C_{v_{tot}}}{A_v \cdot C_{v_{modelo}}} = \frac{65,69}{2,93} = 22,41 \approx 23 \text{ exutorios}$$

En este caso se instalarán 23 exutorios en todo el sector de incendio.



Figura 9.15: Modelo Lamilux F100 (Fuente: Lamilux)

9.5.1.4. Áreas de entrada de aire

Por normativa se exige que la relación de entrada de aire/salida de humos sea de 1:1 en cuanto a superficie aerodinámica.

Como las 3 entradas de la sala no proporcionan esa superficie de entrada de aire necesaria, se instalarán otros 23 exutorios en las dos caras exteriores de la fachada. Su emplazamiento será adecuado siempre que hay una diferencia de al menos 1 m entre el exutorio y la parte inferior de la capa de humos.

La configuración de exutorios en el sector de almacenamiento visto desde las fachadas libres quedaría de la siguiente manera:

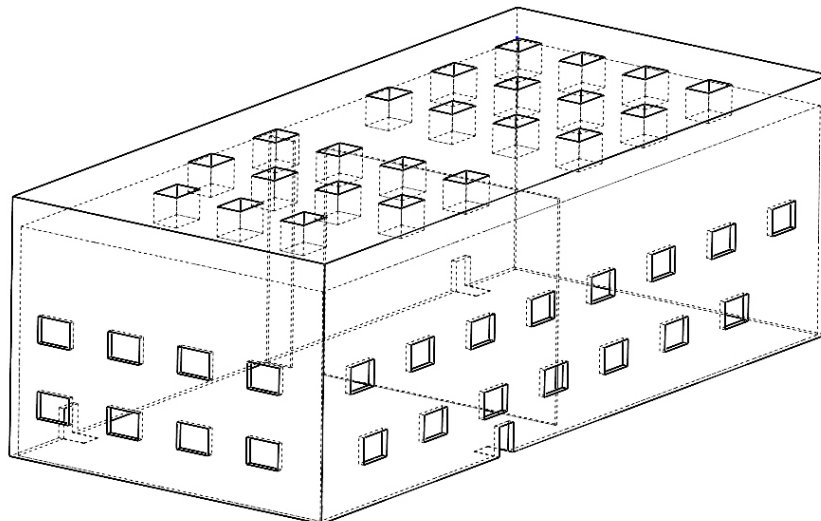


Figura 9.16: Configuración exutorios en sala de almacenamiento

9.5.1.5. Funcionamiento del sistema

El modelo Lamilux está formado por un zócalo directamente instalado en la cubierta y un perfil de doble sellado para garantizar la estanqueidad.

La apertura del exutorio se realiza a través de un cilindro neumático de doble efecto con enclavamiento de seguridad sin necesidad de aporte de energía. Todo el cuadro de control de exutorios estará instalado a las afueras del sector para poder ser manipulados por equipos de bomberos y personal formado, en caso de necesidad.

9.5.1.6. Material adicional

En este caso se tiene panel sándwich que recubre todas las paredes además de un falso techo. Como solución para conectar el exutorio de cubierta a la sala se utilizarán paneles de acero galvanizado como canales de aire. Tendrán el mismo perímetro que los exutorios con un perfil rectangular.

Estos paneles deberían estar aislados térmicamente por los lados que den a instalaciones dentro del falso techo.

9.5.2. Sector de envasado

Al igual que con el sector de almacenamiento, en este sector también se instalarán exutorios de extracción natural. Sin embargo, para las entradas de aire se tendrá que utilizar mecanismos forzados de entrada.

9.5.2.1. Depósito de humos

En este caso, atendiendo a la normativa correspondiente, el sector de envasado el cual tiene una superficie de unos 3000 m² supera los límites de depósitos de humos.

Por esta razón, se deberá dividir de tal forma que los depósitos de humos no superen los 2000 m² de superficie. De esta forma se dividirá el sector en dos depósitos de humos.

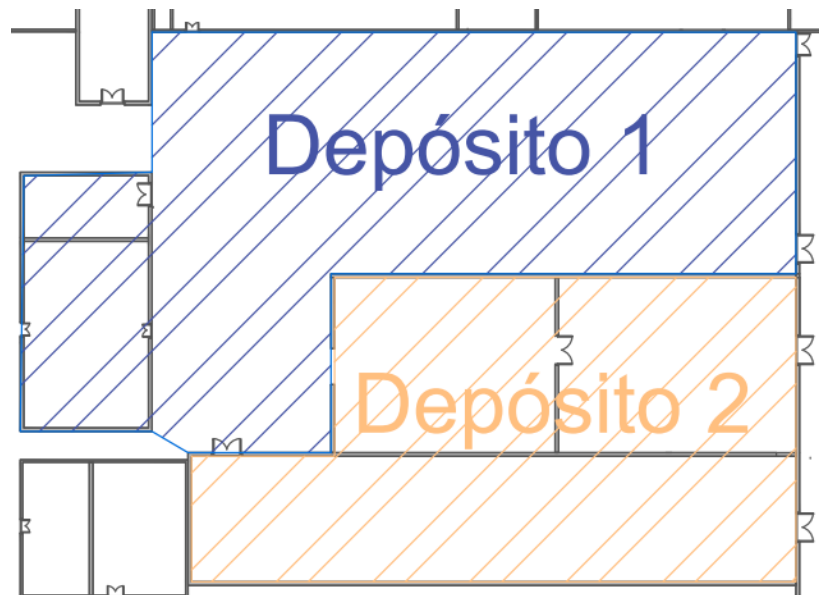


Figura 9.17: división por depósitos de humo

La separación de dos depósitos de humos que estén conectados por zonas abiertas se deberá instalar cortinas de humo para contener el humo en un mismo depósito. En nuestro caso, se instalará una cortina de humos en la entrada superior del depósito 2 al ser una apertura abierta.

9.5.2.2. Modelo de incendio

En este caso, el modelo de incendio utilizado es para áreas de producción y/o apilamiento, al ser un sector con una altura limitada inferior a 5 m. La identificación de los parámetros de incendio varía considerablemente.

Para concretar las dimensiones del incendio, dependerán en parte de las medidas de protección contra incendios instaladas y tipo de embalaje para apilamiento de producto.

Para identificar la categoría del sector, se utiliza la siguiente tabla que depende del tipo de embalaje utilizado y las medidas de protección existentes en el sector:

	Apilamiento de materiales	Instalaciones de PCI		
		S2	S3	S4
	Tipo de embalajes	S2	S3	S4
C1	Embalajes incombustibles, eventualmente colocados sobre palets de madera	SC2	SC3	SC4
C2	Embalajes combustibles (de papel, cartón, cartón ondulado, madera o materias plásticas incluyendo las espumas plastificadas) colocados eventualmente sobre palets de madera	SC2	SC4	SC4*

Tabla 9.11: Categoría del sector en función el embalaje e instalaciones PCI (Fuente: UNE 23585)

Donde:

S2: Con instalación de rociadores

S3: Con instalación de detección de humos y comunicación de alarma

S4: Sin ninguna de las anteriores instalaciones

Dado que todo el envasado se realiza en cajas de plástico con film envolvente alrededor de los palets, se identifica una categoría 4 (SC4) para el sector.

Con el tipo de categoría definido, se pasa a escoger los valores máximos del incendio de diseño, a partir de la siguiente tabla:

	Fabricación	Apilado	Dimensiones del incendio (m × m)	Área Af (m ²)	Perímetro Pf (m)	Altura máxima apilado (m)
Categoría 2	S2	SC2	4,5 × 4,5	20,25	18	5
Categoría 3	S3	SC3	6,5 × 6,5	42,25	26	2,4
Categoría 4	S4	SC4	9 × 9	81	36	1,2

Tabla 9.12: Parámetros de incendio (Fuente: UNE 23585)

Con un sector de categoría 4, se tiene los siguientes valores:

- Área de incendio (A_f): 81 m²
- Perímetro del incendio (P): 36 m
- Altura máxima de apilado: 1,2 m
- Flujo de calor liberado (q_f): 250 kW/m²

Comentar que en el cálculo de nivel de riesgo intrínseco se dio una hipótesis de 2 m de altura de almacenamiento para este sector. Pero a no ser del todo correcto, se seguirán los cálculos con el nuevo valor.

9.5.2.3. Dimensionado del sistema

A partir de todos los cálculos (ver ANEXO B), se obtiene la superficie aerodinámica total de aireadores naturales, que nos define la superficie que ocuparán los exutorios en cada depósito de humo:

$$A_v \cdot C_v = 8,63 \text{ m}^2$$

Con el modelo LAMILUX 100 de PREFIRE de 125x125cm y $A_v \cdot C_v = 1,01 \text{ m}^2$ s puede obtener el número de exutorios necesario para cada depósito:

$$N^{\circ} \text{ exutorios} = \frac{A_v \cdot C_{v_{tot}}}{A_v \cdot C_{v_{modelo}}} = \frac{8,63}{1,01} = 8,54 \approx 9 \text{ exutorios}$$

En este caso se instalarán 9 exutorios por depósito, por lo que el sector tendrá un total de 18 exutorios instalados.

9.5.2.4. Áreas de entrada de aire

En este caso la entrada de aire no se puede conseguir por exutorios de aire natural porque el sector no tiene ningún punto directo con fachada. Como solución se propone utilizar entrada de aire a partir de una ventilación por depresión a través de canales de aire que den al exterior.

El diseño planteado es conectar conductos de ventilación que por un lado suban hasta las cubiertas y lleguen hasta las entradas inferiores de las salas.

Para dimensionar los ventiladores se tendrá en cuenta el caudal aproximado que expulsará el sistema de exutorios en la salida

9.5.2.5. Funcionamiento

El funcionamiento será idéntico al modelo utilizado en el sector de almacenamiento. La única diferencia está en las dimensiones de cada uno de ellos.

9.5.2.6. Material adicional

Además de la instalación de canales para conectar los exutorios con el falso techo, se deberá instalar una barrera de humos entre la apertura de conexión del depósito 1 y 2. Su caída desde el techo deberá ser como mínima de 2m, al ser este el espesor de la capa de humos y deberá cubrir una distancia de 3m.

10. Plan de emergencia en caso de incendio

Tener un plan de emergencia que detalle las acciones a ejecutar en caso de incendio puede potenciar la efectividad de las instalaciones y equipos de protección. De poco servirá tener un sistema de protección contra incendios si en el momento de ejecutar cualquier aviso o extinción no se tienen claros los pasos o acciones a seguir.

Con este plan se busca organizar los recursos ya sean humanos o técnicos necesarios para prevenir y luchar contra un posible incendio, garantizar la evacuación de forma coordinada de los trabajadores y evitar pérdidas o daños a personas y/o bienes.

10.1. Grados de emergencia

Las acciones a seguir dependerán en gran medida por el nivel de emergencia que se identifique. En este caso encontraremos tres niveles:

- **Conato:** Situación en la que el riesgo o accidente puede ser controlado de forma sencilla y rápida, con los medios y recursos presentes en el lugar del incidente.
- **Emergencia parcial:** Situación en la que el riesgo o accidente requiere la intervención del equipo de intervención, pudiendo ser necesaria la evacuación parcial de la zona.
- **Emergencia general:** Situación en la que el riesgo o accidente pone en peligro la seguridad e integridad de las personas. Se requiere la intervención de equipos de alarma y evacuación y ayuda externa.

10.2. Equipos de emergencia

Los equipos de emergencia constituirán el conjunto de personas especialmente entrenadas y organizadas para la prevención y actuación en accidentes, en este caso de incendio.

Se podrán distinguir diferentes cargos:

Jefe de emergencia

Será la persona que dirigirá todo el plan de actuación desde la central de control, en este caso la zona de oficinas. Su misión será asumir el mando de actuación en caso de emergencia y como tal, deberá poseer conocimientos de seguridad contra incendios.

Además, sus funciones serán:

- Avisar a las autoridades competentes en caso de que se considere necesario, sino se ha hecho ya.
- Organizar a todos los equipos del plan de emergencia
- Coordinar los simulacros y estar localizable en cualquier momento del día.

Jefe de intervención

Será la persona o personas asignadas de dirigir todas las operaciones de extinción. Además, informará y ejecutará las órdenes del jefe de emergencia a través de una canal de comunicación como pueden ser walkie-talkies.

Además, sus funciones serán:

- Verificar cualquier notificación de emergencia, ya sea por medio de detectores, alarmas o avisos, junto con personal cualificado.
- Trasladarse al punto afectado y comprobar el estado de alarma.
- Valorar junto con el jefe de emergencia, el grado de emergencia y trasladar cualquier nota al resto de equipos.
- Coordinar a los distintos equipos

Equipo de primera intervención (EPI)

En este caso, todo profesional que detecte una emergencia actuará en un primer momento, como equipo de primera intervención. Será un grupo de personas capacitadas para actuar directamente contra un incendio y se identificarán varios equipos para los distintos sectores.

Además, tendrán que:

- Avisar al centro de coordinación si se detecta una emergencia.
- Mantener accesibles las vías de evacuación.
- Conocer la ubicación de los distintos sistemas de protección contra incendios.
- Apoyar a los equipos de segunda intervención o incluso de primera intervención, cuando sea requerido.
- Colaborar como equipo de ayuda y evacuación, una vez finalizada su función.

Equipo de segunda intervención (ESI)

Será el grupo de trabajadores con formación y conocimientos para sofocar cualquier tipo de emergencia, que actuarán cuando se rebase el nivel de conato y de intervención del EPI. Tendrán funciones similares al equipo de primera intervención, pero con la diferencia que este podrá hacer uso de cualquier sistema de protección como bias.

Responsables de evacuación

La principal función de este equipo será dirigir ordenadamente a los trabajadores hacia las salidas de emergencia. Además, verificarán que no quede nadie sin evacuar y comprobarán cualquier zona dentro de su sector de actuación.

10.3. Plan de actuación

El plan de actuación general tendrá de forma general las siguientes fases que deberán seguirse en caso de incendio:

1. Se activa algún detector o pulsador de alarma por parte de un trabajador
2. Localizar el punto de activación de alarma, ya sea un detector o alarma manual, a partir de la central de control ubicada en las oficinas
3. Avisar al jefe de intervención y EPI para trasladarse hasta dicha zona y comprobar el estado
4. Verificar la gravedad de emergencia que podría dar 3 casos distintos:

- a. Falsa alarma: Se comprueba que no existe peligro y todo está en orden. En este caso el plan de actuación se da por finalizado y se restablecen los sistemas de protección
 - b. Se da un conato de emergencia: En este caso, los EPI y jefe de intervención controlarán el incendio con los medios disponibles, sino se ha hecho ya por algún trabajador de la zona.
 - c. Se da una emergencia parcial o general: En este caso al no poderse extinguir el incendio se avisará al ESI y restos de equipos de emergencia y se irá informando del estado actual del incendio.
5. El jefe de emergencia valorará el estado del incendio y declarará si se trata de una emergencia parcial o general.
 6. Ante esta situación, el jefe de emergencia y jefe de intervención valorarán medidas complementarias como el corte de ventilación, evacuación del personal afectado, corte de suministro eléctrico y otras consideraciones.
 7. Independientemente del tipo de gravedad se avisarán al servicio de bomberos y otros cuerpos por precaución.
 8. Si las dimensiones del incendio ya no son reversibles por los equipos de actuación presentes se avisará al jefe de emergencia quién activará la emergencia general
 9. Con la activación de la emergencia general se realizarán los siguientes puntos:
 - a. Activación de los dispositivos de alarma para toda la nave y la activación del plan de evacuación.
 - b. En la evacuación se tendrá presentes a los distintos equipos de emergencia par dar soporte en los distintos sectores.
 - c. Hasta la llegada de los servicios externos, se seguirá con la labor de extinción hasta el punto de que represente un peligro para los equipos. En estos casos estarán presentes solos los equipos dispensables de actuación.
 - d. Con la llegada de los bomberos, el jefe de emergencia o jefe de intervención conducirán a los servicios hasta el punto de incendio se les informará de todo lo ocurrido, así como los detalles del incendio.
 - e. Una vez estén los bomberos y otros cuerpos en servicio, se evacuará al resto de equipos de emergencia presentes en la nave y se dejará la tarea para los bomberos.
 - f. Finalmente, se comprobará la extinción total (si así ocurre) de la nave o se dará por siniestrado todo el establecimiento.

11. Presupuesto

EL presupuesto se detalla en la siguiente tabla desglosando el precio y la cantidad:

Materiales y componentes	Precio	Cantidad	Total (€)
Detector analógico de humo DOD-220A	36,60 €/u	48 u.	1.756,8
Detector analógico termovelocimétrico DTD-210A	34,54 €/u	9 u.	310,86
Detector analógico de gas natural DGD-600	88,70 €/u	4 u.	354,8
Detector de gas amoníaco ATEX S/3-2-NH3	650 €/u	4 u.	2.600
Central analógica serie CAD-150-2	930,50 €/u	1 u.	930,50
Pulsador analógico de alarma MAD-450	51,23 €/u	35 u.	1.793,05
Dispositivo analógico de alarma MAD-465-1	96,50 €/u	5 u.	482,50
Base de conexión para detectores. Zócalo Z-200	4,15 €/u	57 u.	236,55
Cableado CBD-K2	0,6796 €/m	2000 m.	1.359,2
Extintores Polvo ABC 6kg	29,95 €/u	58 u.	1737,1
Armario extintor 6kg	36,95 €/u	58 u.	2.143,1
Bocas de incendio equipadas EACI120	174,03 €/u	11 u.	1.914,33
Tubería acero galvanizado sin soldadura DN 2 1/2"	38,04 €/m	83 m.	3.157,32
Tubería acero galvanizado sin soldadura DN 3"	49,36 €/m	156 m.	7.700,16
Grupo de presión AFU12-GS-32-250 EDJ	21.697 €/u	1 u.	21.697
Caudalímetro	272 €/u	1 u.	272
Exutorio F100 125x125 cm	1.233,36 €/u	18 u.	22.200,48
Suministro zócalo PRFV 125x125 cm	297,84 €/u	18 u.	5.361,12
Exutorio claraboya F100 180x250 cm	1.460,90 €/u	46 u.	67.201,4
Suministro zócalo PRFV 180x250 cm	496,76 €/u	46 u.	22.859,6
Conductos galvanizados exutorios espesor 0,8mm	34,16 €/m ²	230 m ²	7.856,8
TOTAL			173.924,19 €

Tabla 11.1: Presupuesto del sistema de protección contra incendios

El presupuesto total de la instalación de los sistemas activos de protección contra incendios asciende hasta los **173.924,19 €**.

Conclusiones

Con la realización de este trabajo se consigue dar una visión global de todos los aspectos que toman parte en la protección contra el fuego de un edificio industrial, desde la evaluación del riesgo que representa la nave, pasando por definir los requisitos constructivos y de diseño de los sistemas y terminando con el cálculo y diseño de todas las medidas de protección implementadas.

Además del estudio de sistemas de protección pasiva y activa, se ha podido reconocer la importancia que tienen otras tareas, que en un principio pueden pasar desapercibidas, pero que tienen la misma relevancia en la protección. La correcta instalación de los sistemas, así como el mantenimiento periódico de los dispositivos son partes fundamentales en poder garantizar la seguridad contra incendios.

Todo ello debe ir acompañado de un plan de actuación en caso de incendio, que esté dirigido por equipos formados. De poco sirve tener una instalación compleja de sistemas de protección, si en el momento de necesidad o incendio, no se tienen claros los pasos de actuación ni se dan las facilidades necesarias para que se ejecute correctamente el plan de emergencia.

La realización de este proyecto muestra la complejidad de normativas, requerimientos y condicionantes que hay para cada sistema de protección, y que hace de un proyecto de instalación una tarea realmente laboriosa, donde se deben considerar muchas variables tanto económicas, ambientales y organizativas.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer en primer lugar a mi tutora de la UPC, Eva Cuerva Contreras, por toda la ayuda aportada y, sobre todo, por su disponibilidad mostrada durante todo el proyecto.

También me gustaría agradecer a PREPERSA por darme la oportunidad de realizar este proyecto y en especial a mi director del proyecto, Víctor Manuel Vallespín, por el compromiso demostrado, por su apoyo y por toda su ayuda facilitada en este trabajo.

Por último, agradecer a toda mi familia por el apoyo mostrado durante la realización de este proyecto y no hacerme desfallecer en el intento.

Referencias

- [1] Gemma G. Juanes. *Los incendios en la industria aumentan un 8% e el primer semestre de 2019*. Madrid, 2019.
- [2] El MUNDO Noticias. *Un grave incendio arrasa la fàbrica de Campofrío en Burgos y obliga a evacuar a 400 personas*. Burgos, 2014.
- [3] Luis F. Durán. El MUNDO Noticias. *Un incendio arrasa un matadero de Getafe y obliga a desalojar numerosas naves por el humo*. Madrid, 2022.
- [4] Instituto de Estudios de la Seguridad (IDES), catalogo CEA. *Búsqueda y validación de parámetros de la carga de fuego en establecimientos Industriales*. 2010.
- [5] Nullifire. Blog. *Criterios de rendimiento y clasificación de resistencia al fuego de los materiales*
- [6] Nullifire. Blog. *La clasificación de la reacción al fuego en España y Europa*.
- [7] Paneles ACH. *Ventajas de los paneles Sandwich*. 2020.
- [8] PERFINOR. Ficha técnica material. *Características y especificaciones del panel Sandwich de poliuretano*.
- [9] PLACOMAT, Blog. *Paneles Sandwich: lana de roca VS PUR/PIR*.
- [10] PERFINOR. Ficha técnica material. *Características y especificaciones del panel Sandwich de lana de roca*.
- [11] IRONLUX. Blog. *Diferencia entre reacción al fuego y resistencia al fuego en un panel sándwich*. Barcelona.
- [12] Arquitecturaenacero, Blog: uso y aplicaciones del acero. *Resistencia al fuego*.
- [13] Ignifugados. Mortero de perlita, vermiculita y lana de roca proyectado. *Mortero proyectado contra incendios*.
- [14] Kavidoors. Puertas cortafuegos. *Puertas cortafuegos en guillotina y puertas frigoríficas*. Valencia
- [15] VTL., Puertas y registros cortafuegos SLU. Ficha técnica. *Puertas cortafuegos EI₂ 90 C5 modelo VTL*

Bibliografía Complementaria

Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI)

Código Técnico de Edificación (CTE)

Documento Básico contra Incendio (DB-SI)

Reglamento de instalaciones de Protección Contra Incendios RIPCI)

Sede electrónica del catastro

Catálogo Detnov: Sistemas de detección

Catálogo Eaci: Bocas de incendio equipadas

Catálogo Extinhouse: Extintores portátiles y armarios

Catálogo EBARA: Grupos de presión

Pliego de condiciones

Este capítulo sirve de documento para exponer las condiciones técnicas de uso y mantenimiento de los sistemas de protección contra incendios, cumpliendo con las distintas normativas de aplicación

Comentar que la periodicidad de mantenimiento que supere el año deberá ser realizada por personal de grupo fabricante, o por un instalador o mantenedor autorizado. Para periodicidades inferiores, bastaría con el personal de la instalación.

Detectores de humo óptico

El modelo utilizado es el DOD 200A de DETNOV, basado en un principio de detección a partir del efecto Tyndall. Presenta las siguientes características:

- Tensión de trabajo: 22 a 38 VDC
- Consumo en reposo: < 300 μ A
- Consumo en alarma: < 11 mA
- Conexionado: 2 x 1,5 mm² trenzado y apantallado entre detectores y módulos
- Longitud máxima de cable 2 km.
- Base: conexión a Z-200
- Temperatura de trabajo: De -10°C a 70°C
- Índice IP: IP40
- Cabeza (altura x diámetro): 42 x 100 mm
- Base (altura x diámetro): 5 x 100 mm
- Material: ABS
- Direcciones desde 1-250 en el lazo
- Asignación de la dirección: Programa PGD-200
- Certificado: EN 54-7 y EN 54-17

El mantenimiento queda establecido a partir del RIPCI y norma UNE 23007 “ Sistemas de detección y alarmas de incendio” y su realización estará limitada a personal del usuario y mantenedores o instaladores autorizados.

- Cada 3 meses: Comprobar el funcionamiento de los detectores automáticos, uno por línea o lazo y un total de 25% del total instalado, así como la comprobación del funcionamiento de las instalaciones.
- Cada año: verificar el espacio libre debajo del detector y su estado, prueba individual de todos los detectores automático, verificar la capacidad de alcanzar y activar el

elemento sensor del interior de la cámara. Se recomienda sustituir los detectores cada 10 años.

Detectores de calor

El modelo empleado es el DTD 210A analógico de DETNOV. A continuación, se presentan sus especificaciones técnicas:

- Tensión de trabajo: 22 a 38 VDC
- Consumo en reposo: < 300 μ A
- Consumo en alarma: < 11 mA
- Conexión: 2 x 1,5 mm² trenzado y apantallado entre detectores y módulos
- Función térmica termovelocimétrica o térmica fija a 58°C
- Longitud máxima de cable 2km.
- Base: conexión a Z-200
- Temperatura de trabajo: De -10°C a 70°C
- Índice IP: IP20
- Cabeza (altura x diámetro): 40 x 100 mm
- Base (altura x diámetro): 5 x 100 mm
- Material: ABS
- Direcciones desde 1-250 en el lazo
- Asignación de la dirección: Programa PGD-200
- Certificado: EN 54-5 y EN 54-17

El mantenimiento de este dispositivo sigue las mismas normativas y requisitos que los detectores de humo óptico, ya que no requieren de un mantenimiento especial.

Detectores de gas natural

El modelo utilizado es el DGD 600 de gas natural de DETNOV y presenta las siguientes especificaciones de uso:

- Tensión de trabajo: De 22 a 38 V para una fuente de 24V
- Consumo en reposo: 45 mA
- Consumo en alarma: 65 mA
- Área de cobertura: 20 m²
- Niveles de alarma en 5000 ppm
- Límite inferior de explosividad (LIE): 10%

- Nivel de alarma: En 5000 ppm de gas natural
- Incluyen un relé de avería y otro de alarma y 3 leds para poder visualizar rápidamente su estado
- Conexionado: 2 x 1,5 mm² trenzado y apantallado
- Longitud máxima de cable 2 km.
- Temperatura de trabajo: De -10°C a 40°C
- Índice IP: IP32D
- Tamaño: 89,60 mm x 146,50 mm x 39 mm.
- Material: ABS
- Direcciones desde 1-250 en el lazo
- Certificado: EN 54-7 y EN 54-17

El mantenimiento de los detectores de humo sigue el mismo criterio que los detectores de humo y calor. Sin embargo, se recomienda sustituir el dispositivo cada 5 años.

Detectores de gas amoniaco

El modelo utilizado es el S/3-2 sensor remoto de amoniaco de DETNOV. Presenta especificaciones diferentes a los detectores anteriores:

- Tensión de alimentación: 12 a 24 VDC
- Consumo: 50mA a 24 VDC
- Señal de avería: 0 mA en la salida
- Señal de salida: Lazo de corriente 4-20 mA (tres hilos)
- Rango de detección: En 12% LIE prealarma y en 20% LIE alarma.
- Mantenimiento cada 6 meses del sensor catalítico
- Tiempo de calentamiento: 15 segundos
- Tiempo de estabilización: 5 minutos
- Tiempo de respuesta: < 20 segundos
- Área de cobertura aproximada: 25 m²
- Temperatura de trabajo: -10 a 55°C
- Humedad relativa: 20 a 90%HR
- Presión de trabajo: 80 a 110 kPa
- Diámetro entrada de cable: 3,2 a 8,7 mm
- Grado de protección: IP66
- Tamaño: 140 x 162 x 91 mm
- Material: ABS
- Certificado: EN 60079

EL mantenimiento de este detector presenta grandes diferencias en cuanto a las

precauciones, advirtiendo a la propiedad de que se va a proceder a la activación de las alarmas. Se debe verificar que no existe polvo que obstruya la entrada de gas. Además, la periodicidad de mantenimiento se debe realizar cada 6 meses.

Pulsadores de alarma

El modelo utilizado será MAD 450 analógico de DETNOV. Las características técnicas son las siguientes:

- Tensión de trabajo: 22 a 38 VDC
- Consumo en reposo: < 300 μ A
- Consumo en alarma: 3 mA
- Conexionado: 2 x 1,5 mm² trenzado y apantallado entre detectores y módulos
- Longitud máxima de cable 2 km.
- Base: conexión a Z-200
- Temperatura de trabajo: De -10°C a 55°C
- Tamaño: 98 x 98 x 48 mm
- Material: ABS
- Certificado: EN 54-11 y EN 54-17
- Direcciones desde 1-250 en el lazo
- Asignación de la dirección: Programa PGD-200

En cuanto al mantenimiento de los pulsadores:

- Cada 3 meses: Prueba del 25% del total instalado de los pulsadores de alarma manuales por lazo.
- Cada 6 meses: Verificar la ubicación, identificación, visibilidad y accesibilidad de los pulsadores, así como su estado.
- Cada año: Prueba de funcionamiento de todos los pulsadores de alarma

Dispositivos de alarma

El modelo utilizado es la sirena con flash analógica MAD 464 I de DETNOV y presenta las siguientes especificaciones:

- Tensión de trabajo: 22 a 38 VDC
- Consumo en reposo: < 300 μ A

- Consumo en alarma: < 20 mA
- Volumen: 76 dB a 117 dB
- Número máximo de sirenas en el lazo: 20 sirenas a 1km, 10 sirenas a 2 km
- Conexionado: 2 x 1,5 mm² trenzado y apantallado entre detectores y módulos
- Longitud máxima de cable 2 km.
- Base: conexión a Z-200
- Temperatura de trabajo: De -10°C a 60°C
- Índice IP: IP33C
- Dimensiones: 100 x 75 mm
- Base (altura x diámetro): 5 x 100 mm
- Material: ABS
- Certificado: EN 54-3 y EN 54-17
- Direcciones desde 1-250 en el lazo
- Asignación de la dirección: Programa PGD-200
- Lleva aislador

En cuanto al mantenimiento de los dispositivos se realizarán cada 3 meses y se comprobará el funcionamiento de las señales acústicas y luminosas.

Central de control

Se utilizará el modelo CAD-150-2 de central analógica de dos lazos del catálogo DETNOV. Presenta las siguientes características:

- Tensión de alimentación: 90-264 VAC 50/60 Hz
- Consumo en reposo: 225 mA 24 VDC 20°C
- Capacidad de baterías: 2 x 7.5 Ah
- Lazos:
 - Número máximo de dispositivos: 250
 - Carga máxima 400 mA
 - Longitud máxima del lazo: 2km
 - Resistencia máxima del cable: 44 ohms
- Temperatura trabajo: -5°C a 50°C
- Humedad relativa: 95% sin condensación
- Índice IP: IP 30
- Dimensiones: 443 mm x 268 mm x 109 mm
- Certificado: EN 54-2, EN 54-4

Extintores

El modelo utilizado será el extintor de polvo ABC de 6kg con eficacia 27A-183B de EACI. Presentas las siguientes características técnicas:

- Altura: 445 mm
- Diámetro: 160 mm
- Capacidad: 6 kg
- Agente extintor: Polvo químico ABC-40
- Agente impulsor: nitrógeno (70grs)
- Manómetro: Latón
- Soporte: metálico para pared
- Temperatura de servicio: -20°C a 60°C
- Presión de servicio a 20°C: 13 bar
- Eficacia: 27A 183B C
- Collarín superior de alta seguridad

En cuanto al mantenimiento del sistema de extintores portátiles, se realizarán las siguientes tareas:

- Cada 3 meses: Comprobar la accesibilidad y señalización del equipo, inspección visual del estado del extintor y comprobar el peso y presión.
- Cada 1 año: Verificar el estado de carga (peso y presión), comprobar la presión de impulsión, así como verificar el correcto estado de la manguera, boquilla y otras partes.
- Cada 5 años: Retimbrado del extintor si así lo indica la fecha registrada.

Bocas de incendio

El modelo utilizado es la bie EACI20 del catálogo EACI y presenta las siguientes especificaciones:

- Armario de configuración horizontal y reversible
- Fabricado en chapa de acero
- Puerta encastrada con Visor en ABS
- Devanadera de 380 mm de diámetro en termoplástico copolímero según ISO 4892
- 2 posibles entradas de alimentación

- Lanza Tríplex de triple efecto
- Rosca hembra 1"1/2
- 20 m de manguera sintética de 45 mm de diámetro
- Válvula de asiento angular de 45 mm en latón
- Válvula de corte en latón cromado para manómetro. Rosca 1/4"
- Dimensiones: 140 x 560 x 480 mm
- Certificado: UNE 23400

Para el correcto funcionamiento del sistema de BIES se realizarán operaciones de mantenimiento periódicas:

- Cada 3 meses: Comprobar la accesibilidad y señalización del equipo, comprobar el correcto funcionamiento de la manguera y boquilla y comprobar lectura del manómetro, así como limpieza de los engrases y bisagras.
- Cada 1 año: Desmontar la manguera y realizar un ensayo, comprobar el funcionamiento de la boquilla en distintas posiciones, comprobar la estanqueidad de los racores y la manguera, así como contrastar la lectura del manómetro con otro de referencia acoplado.
- Cada 5 años: Ensayo de la manguera a una presión de prueba de 15 kg/cm³.

Exutorios

El modelo utilizado será exutorio F100 de LAMILUX y presenta las siguientes características:

- Apertura en menos de 60 segundos
- Soportan temperaturas de hasta -18°C
- Cartuchos de CO₂ no se dañan en caso de activación
- Permite ser utilizado como ventilación natural
- Apertura verificada en caso de sobrecarga de nieve, o posibles vientos.
- Cierre fácil tras activación fallida
- Ventilación escalonada en serie
- 24/48 V
- Acristalado aislante
- Zócalo PRFV con aislamiento térmico y sin juntas.
- Disponible la opción de salida al tejado.

En cuanto al mantenimiento de los exutorios, tener en cuenta los siguientes puntos:

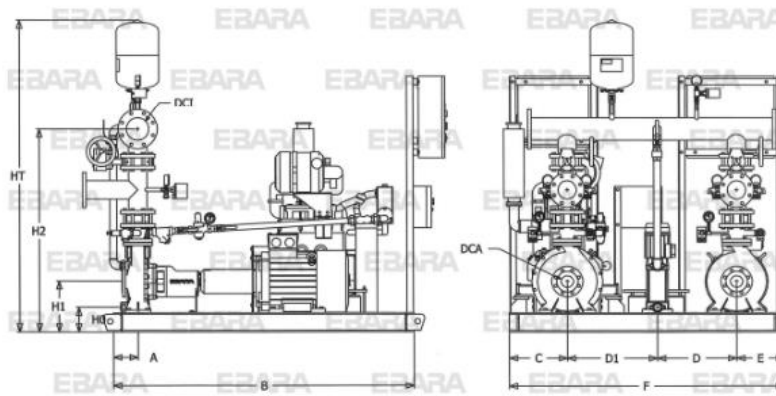
- Cada 3 meses: Comprobar que no se han colocado obstrucciones o introducidos cambios en la geometría del edificio que modifiquen las condiciones de utilización del sistema. También, comprobarla correcta disponibilidad de la fuente de alimentación principal y auxiliar, así como revisar la presión de aire en la red neumática.
- Cada 6 meses: Comprobación del funcionamiento de los componentes del sistema mediante su activación manual, así como realizar una limpieza de los componentes del sistema.
- Cada año: Comprobar que los parámetros de diseño siguen siendo válidos, comprobar el funcionamiento del sistema en sus posiciones de activación y descanso, incluyendo el funcionamiento por señales manuales y automáticas.

En caso de tener barreras de humo, comprobar que los espaciados de cabecera, borde y junta no superan los valores indicados por el fabricante.

Equipo de impulsión

El modelo utilizado es AFU12-GS 32-250/15 EDJ y presenta las siguientes especificaciones técnicas:

- Caudal: 24,00 m³/h
- Presión: 83 mca
- Bomba principal eléctrica GS 32-250, con cuerpo de fundición GG25 en espiral con patas de apoyo fundidas, aspiración axial y boca de impulsión radial hacia arriba.
- Bomba eléctrica accionada mediante motor eléctrico asíncrono, trifásico de 2 polos. Con una potencia de 15 kW y acoplamiento con espaciador
- Bomba principal Diesel GS 32-250 de una potencia de 15 kW, doble juego de baterías, depósito de combustible 40 litros y visor de nivel.
- Bomba auxiliar jockey CVM B/25, de 1,85 kW
- Depósito hidroneumático de 20/10: bancada metálica, válvulas de corte y antirretorno para cada bomba.
- Caudalímetro de lectura directa, modelo S-2007 DN 65 para una presión máxima de 10 bar, fondo de escala 54 m³/h
- Dimensiones:

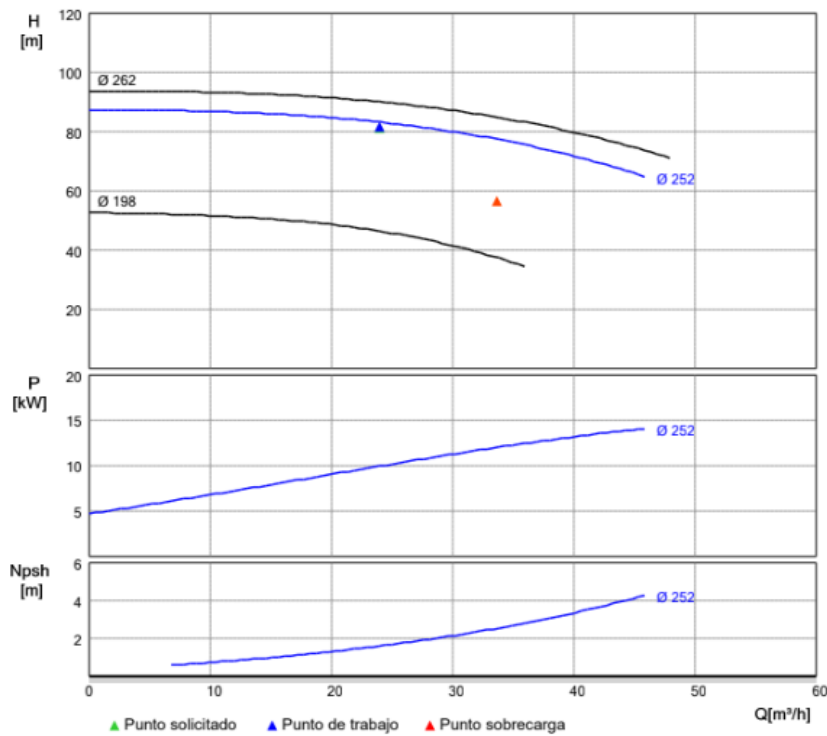


* Dimensiones aproximadas, orientativas, sólo para cotización (no válidas para implantación definitiva)

Dimensiones grupo de presión contra incendios (mm)

A	130	C	300
B	1400	D	400
H0	135	E	250
H1	280	F	1400
H2	1135	D1	450
HT	1775	DCA	50
		DCI	65

- Puntos de trabajo del equipo de impulsión:



En cuanto al mantenimiento del equipo de impulsión, se tienen las siguientes consideraciones:

- Cada 3 meses: Verificar por inspección todos los elementos: depósitos, válvulas, mandos, alarmas, accesorios, señales, etc. Comprobar el funcionamiento automático y manual de instalación, así como verificar la accesibilidad a elementos.
- Cada 6 meses: Accionar y engrasar las válvulas, verificar y ajustar los prensaestopas, así como verificar la alimentación eléctrica, líneas y protecciones.
- Cada año: Limpiar filtros y elementos de retención de suciedad, probar el estado de carga de baterías y comprobar las condiciones de recepción a partir de curvas del abastecimiento.