



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN
UNA NAVE INDUSTRIAL DE
ALMACENAMIENTO DE MATERIALES:
APLICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL RD
2267/2004**

Autor:

Carrión Hernández, Marcial

Tutora:

García Cabezón, Ana Cristina

Dpto. CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF

Valladolid, Abril de 2023

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La protección contra incendios es una materia que ha ido ganando mucho peso a la vista de su importancia para asegurar la seguridad e integridad de los establecimientos y sus ocupantes. De ahí el nacimiento del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, cuya principal función es establecer, en cuanto a materiales y su resistencia al fuego, los requerimientos mínimos a cumplir en los establecimientos en función de su ubicación y riesgo intrínseco, así como las limitaciones que existen a la hora de ser construidos. Para poder asegurar que se cumplan estos requerimientos los materiales usados deben tener un comportamiento sobresaliente contra el fuego. Dicho comportamiento depende de la estructura atómica, macro y microscópica del material utilizado. Estos requerimientos y limitaciones van a hacer que, en función del tipo de establecimiento y actividad a desarrollar, se prefiera un tipo de construcción u otra.

Palabras clave: Seguridad Industrial, Carga de Fuego, Establecimiento Industrial, Protección Contra Incendios, Resistencia al Fuego.

ABSTRACT AND KEY WORDS

Fire protection it´s a matter that has been gaining a lot of importance throughout the last years to ensure safety and integrity of building and its occupants. That´s why the RSCIEI was born, which main function is establishing the requirements and limitations about the materials and their resistance to fire as well as what limitations have to be considered when constructing a building depending on their type and intrinsic risk. To assure the requirements are met, the materials need to have an outstanding behavior against fire. This behavior will depend on the atomic, macro and microscopic structure and bonds. This requirement and limitations will heavily influence how the buildings are constructed.

Key words: Industrial Safety, Load of Fire, Industrial Establishment, Fire Protection, Fire Resistance.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	13
DESARROLLO DEL TFG.....	15
CAPÍTULO 1: OBJETO, AMBITO DE APLICACIÓN Y COMPATIBILIDAD REGLAMENTARIA	15
CAPÍTULO 1.1: DOCUMENTACION REQUERIDA Y PUESTA EN MARCHA ...	17
CAPÍTULO 1.2: CONDICIONES Y REQUISITOS A CUMPLIR POR LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN MATERIA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS.....	19
CAPÍTULO 1.3: INSPECCIONES PERIÓDICAS	20
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA Y PROCESO DE INSPECCIÓN	22
CAPÍTULO 2.1: CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	22
CAPÍTULO 2.1.1: CONFIGURACION Y UBICACIÓN RESPECTO A SU ENTORNO	23
CAPÍTULO 2.1.1.1: UBICADOS EN EDIFICIOS.....	23
CAPÍTULO 2.1.1.2: UBICADOS EN ESPACIOS ABIERTOS NO CONSTITUYENDO UN EDIFICIO	25
CAPÍTULO 2.1.2: NIVEL DE RIESGO INTRINSECO	26
CAPÍTULO 2.2: CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACION, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRINSECO.	31
CAPÍTULO 2.2.1: DEFINICIONES Y EXPLICACIONES PREVIAS.....	31
CAPÍTULO 2.2.1.1: FACHADAS ACCESIBLE Y CONDICIONES DEL ENTORNO ACCESIBLE	31
CAPÍTULO 2.2.1.1.1 FACHADAS ACCESIBLES.....	31
CAPÍTULO 2.2.1.1.2: CONDICIONES DEL ENTORNO ACCESIBLE .	32
CAPÍTULO 2.2.1.2: ESTRUCTURA PORTANTE Y CERRAMIENTOS	32
CAPÍTULO 2.2.1.2.1: ESTRUCTURA PRINCIPAL Y SECUNDARIA DE LA CUBIERTA	33
CAPÍTULO 2.2.1.2.2: CUBIERTA LIGERA.....	33
CAPÍTULO 2.2.1.2.3: CERRAMIENTOS.....	33
CAPÍTULO 2.2.2: RESTRICCIONES DE CONSTRUCCION POR AREAS MAXIMAS Y UBICACIONES NO PERMITIDAS.....	33
CAPÍTULO 2.2.2.1: UBICACIONES PERMITIDAS.....	34

CAPÍTULO 2.2.2.2: MAXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE POR SECTOR DE INCENDIOS	34
CAPÍTULO 2.2.2.2.1: TIPOS DE EDIFICIO A, B Y C.....	34
CAPÍTULO 2.2.2.2.2: TIPOS DE EDIFICIO D Y E.....	35
CAPÍTULO 2.2.3: MATERIALES	36
CAPÍTULO 2.2.4: ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	39
CAPÍTULO 2.2.4.1: ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES Y ESCALERAS DE EVACUACION.....	40
CAPÍTULO 2.2.4.2: ESTRUCTURA PRINCIPAL DE CUBIERTAS LIGERAS Y SUS SOPORTES.....	40
CAPÍTULO 2.2.4.3: ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EDIFICIOS DE UNA SOLA PLANTA Y CUBIERTA LIGERA.....	41
CAPÍTULO 2.2.4.4: JUSTIFICACION DE ESTABILIDAD AL FUEGO DE UN ELEMENTO	41
CAPÍTULO 2.2.5: ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO.....	41
CAPÍTULO 2.2.5.1: ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DELIMITADORES ENTRE SECTORES DE INCENDIOS Y ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	41
CAPÍTULO 2.2.5.1.1: ELEMENTOS DELIMITADORES QUE ACOMETAN A UNA FACHADA O CUBIERTA	42
CAPÍTULO 2.2.5.2: ELEMENTOS DELIMITADORES ENTRE SECTORES O EDIFICIOS. VENTANAS, HUECOS, PUERTAS.....	43
CAPÍTULO 2.2.6: EVACUACION DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	44
CAPÍTULO 2.2.6.1: EVACUACION EN EDIFICIO TIPO A	44
CAPÍTULO 2.2.6.2: EVACUACION EN EDIFICIO TIPO B Y C	45
CAPÍTULO 2.2.6.2.1: ELEMENTOS DE EVACUACION	45
CAPÍTULO 2.2.6.2.2: NÚMERO Y DISPOSICION DE SALIDAS.....	45
CAPÍTULO 2.2.6.2.3: DISPOSICIÓN DE ESCALERAS Y APARATOS ELEVADORES	46
CAPÍTULO 2.2.6.2.4: DIMENSIONADO DE SALIDAS, PASILLOS Y ESCALERAS	46
CAPÍTULO 2.2.6.2.5: CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONADO DE LAS PUERTAS EN RECORRIDOS DE EVACUACIÓN	46

CAPÍTULO 2.2.6.2.6: CONDICIONES DE LOS PASILLOS Y ESCALERAS PROTEGIDAS Y SUS VESTIBULOS PREVIOS	47
CAPÍTULO 2.2.6.2.7: SEÑALIZACION E ILUMINACION DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACION.....	47
CAPÍTULO 2.2.6.3: EVACUACION DE LOS ESTABLECIMIENTOS TIPO D Y E.....	48
CAPÍTULO 2.2.7: VENTILACION Y ELIMINACION DE HUMOS Y GASES DE COMBUSTIÓN.....	48
CAPÍTULO 2.2.8: ALMACENAMIENTOS.....	49
CAPÍTULO 2.2.8.1: TIPOS	49
CAPÍTULO 2.2.8.2: REQUISITOS CONSTRUCTIVOS GENERALES	50
CAPÍTULO 2.2.8.3: REQUISITOS A CUMPLIR EN SISTEMAS MANUALES.....	50
CAPÍTULO 2.2.8.4: REQUISITOS A CUMPLIR EN SISTEMAS AUTOMÁTICOS.....	51
CAPÍTULO 2.2.9: INSTALACIONES TÉCNICAS PRESENTES EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.....	51
CAPÍTULO 2.2.10: RIESGO FORESTAL.....	52
CAPÍTULO 2.3: REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS.....	52
CAPÍTULO 2.3.1: REGLAMENTACION.....	53
CAPÍTULO 2.3.2: EQUIPOS Y SISTEMAS CONTRA INCENDIOS.....	53
CAPÍTULO 2.3.2.1: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIO	53
CAPÍTULO 2.3.2.1.1: DETECTORES OPTICOS O DE HUMO	54
CAPÍTULO 2.3.2.1.2: DETECTORES DE CALOR O TÉRMICOS.....	54
CAPÍTULO 2.3.2.1.3: DETECTORES DE LLAMA	55
CAPÍTULO 2.3.2.2: SISTEMAS MANUALES DE ALARMA.....	55
CAPÍTULO 2.3.2.3: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA	56
CAPÍTULO 2.3.2.4: EXTINTORES DE INCENDIOS	57
CAPÍTULO 2.3.2.5: SISTEMAS DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE)	58
CAPÍTULO 2.3.2.6: SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES	59
CAPÍTULO 2.3.2.7: SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA.....	61

CAPÍTULO 2.3.2.8: SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA	62
CAPÍTULO 2.3.2.9: SISTEMAS DE ESPUMA FISICA.....	63
CAPÍTULO 2.3.2.10: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS	64
CAPÍTULO 2.3.2.11: SISTEMAS DE COLUMNA SECA.....	67
CAPÍTULO 2.3.2.12: SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR POLVO	67
CAPÍTULO 2.3.2.13: SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR AGENTES EXTINTORES GASEOSOS	68
CAPÍTULO 2.3.2.14: SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA	69
CAPÍTULO 2.3.2.15: SISTEMAS DE SEALIZACION LUMINESCENTE .	70
CAPITULO 3: APLICACIÓN A CASO PRÁCTICO	71
CAPITULO 3.1: DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACIÓN	72
CAPÍTULO 3.2: ANÁLISIS A REALIZAR.....	73
CAPÍTULO 3.3: ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA INSTALACIÓN.....	74
CAPÍTULO 3.4: ANÁLISIS DE LOS CALCULOS DE LA DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA DEL SECTOR Y ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL.	75
CAPÍTULO 3.5: ANÁLISIS DE LA PROTECCION ACTIVA	76
CAPÍTULO 3.5.1: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIO	76
CAPÍTULO 3.5.2: SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIO....	77
CAPÍTULO 3.5.3: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA.....	77
CAPÍTULO 3.5.4: SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS.....	78
CAPÍTULO 3.5.5: SISTEMA DE HIDRANTES EXTERIORES.....	78
CAPÍTULO 3.5.6: EXTINTORES DE INCENDIO.....	79
CAPÍTULO 3.5.7 BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE).....	80
CAPÍTULO 3.5.8 SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS DE AGUA.	80
CAPÍTULO 3.5.9: SISTEMA DE EXTINCIÓN POR AGENTES EXTINTORES GASEOSOS	81
CAPÍTULO 3.5.10: VENTILACION Y ELIMINACIÓN DE HUMOS	82
CAPÍTULO 3.5.11: ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	82
CAPÍTULO 3.5.12: SEÑALIZACION	83
CAPÍTULO 3.6: ANÁLISIS DE LA PROTECCIÓN PASIVA	83

CAPÍTULO 3.6.1: ENTORNO.....	83
CAPÍTULO 3.6.2: UBICACIONES NO PERMITIDAS DE SECTORES DE INCENDIO CON ACTIVIDAD INDUSTRIAL.....	84
CAPÍTULO 3.6.3: MÁXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE DE CADA SECTOR DE INCENDIO.....	84
CAPÍTULO 3.6.4: MATERIALES	84
CAPÍTULO 3.6.5: ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS PORTANTES	85
CAPÍTULO 3.6.6: RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL CERRAMIENTO.....	85
CAPÍTULO 3.6.7: EVACUACION DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	86
CAPÍTULO 3.6.8: ALMACENAMIENTOS	87
CAPÍTULO 3.7: HOJAS DE TOMA DE MEDICIONES	87
CAPÍTULO 3.8: DICTAMEN DE LA INSPECCIÓN Y PASOS A SEGUIR POR EL TITULAR DE LA INSTALACIÓN.....	89
CAPÍTULO 4: IMPORTANCIA DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS MATERIALES Y SU COMPORTAMIENTO	91
CAPÍTULO 4.1: COMPORTAMIENTO DEL ACERO FRENTE A ALTAS TEMPERATURAS EN UN INCENDIO	92
CAPÍTULO 4.2: COMPORTAMIENTO DEL HORMIGON FRENTE A ALTAS TEMPERATURAS EN UN INCENDIO	93
CAPÍTULO 4.3: ANALISIS DE LA CONDUCTIVIDAD DEL ACERO Y DEL HORMIGÓN	95
CAPÍTULO 4.4: IMPORTANCIA DE LA FLUENCIA EN INCENDIOS	95
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE VIABILIDAD PARA OTRA DISPOSICIÓN DE LA NAVE.	98
CAPÍTULO 5.1 PROS Y CONTRAS DE CADA EDIFICACIÓN	100
CAPÍTULO 5.3: ELECCIÓN DE DISPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD DESARROLLADA	101
CONCLUSIONES.....	103

Tabla 1: Extracto de la tabla 1.2 del RSCIEI	28
Tabla 2: Tabla de Valores del Coeficiente de Peligrosidad por Combustibilidad Ci	28
Tabla 3: Tabla 1.3 del RSCIEI, Nivel de riesgo intrínseco en función de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida	30
Tabla 4: Ubicaciones permitidas según riesgo intrínseco y tipo de edificio....	34
Tabla 5: Máxima superficie construida admisible por sector en edificios A, B y C.....	34
Tabla 6: Relación entre Normas (10) y (11) para productos de construcción	37
Tabla 7: Relación entre Normas (10) y (11) para suelos	37
Tabla 8: Estabilidad al fuego de los elementos portantes	40
Tabla 9: Estabilidad al fuego de cubiertas ligeras y sus soportes	40
Tabla 10: Estabilidad al fuego de elementos portante en edificios de una sola planta	41
Tabla 11: Estabilidad al fuego de elementos de cerramiento	42
Tabla 12: Longitudes de recorridos de salida	45
Tabla 13: Resistencia al fuego de sistema autoportante.....	50
Tabla 14: Superficies mínimas que requiere de detección automática.....	55
Tabla 15: Área a superar para instalar pulsadores	56
Tabla 16: Áreas de instalación de BIEs	58
Tabla 17: Criterios de elección de BIEs	58
Tabla 18: Áreas de instalación hidrantes	59
Tabla 19: Caudales y tiempo de autonomía exigidos a hidrantes	60
Tabla 20: Tabla de temperaturas de rotura de un rociador	61
Tabla 21: Áreas de instalación de rociadores automáticos	61
Tabla 22: Tamaños de lote y letra correspondiente para muestra.....	87
Tabla 23: Tamaño muestra y numero máximo de rechazos según LCA	88
Tabla 24: Propiedades de la madera, acero y hormigón frente al fuego	91
Tabla 25: Temperatura del material vs tiempo de exposición al fuego	92
Tabla 26: Resistencia mecánica del acero y hormigón vs temperatura interior del material	92
Tabla 27: Modulo de Young del acero y hormigón vs temperatura interior del material	93
Tabla 28: Presupuesto Opción A	99
Tabla 29: Presupuesto Opción B.....	100
Figura 1: Tipo A	23
Figura 2: Tipo B.....	24
Figura 3: Tipo C.....	24
Figura 4: Tipo D y E.....	25
Figura 5: Franja en acometida a cubierta.....	43

Figura 6: Funcionamiento de detector óptico	54
Figura 7: Boquilla de un rociador	61
Figura 8: Sistema de agua pulverizada.....	62
Figura 9: Espuma de alta densidad	64
Figura 10: Recorte del proyecto indicando fecha	72

Ecuación 1: Densidad de carga de fuego ponderada para sector o área de incendios.....	26
Ecuación 2: Densidad de carga de fuego ponderada y corregida para edificio industrial	29
Ecuación 3: Densidad de carga de fuego ponderada y corregida para un establecimiento industrial.	29
Ecuaciones 4: Fórmulas de cálculo de ocupación P.....	44
Ecuación 5: Fórmula para el dimensionado del ancho de puertas y pasos....	46

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En este TFG se va a tratar la correcta aplicación del Real Decreto 2267/2004 por el se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra incendios en Establecimientos Industriales en una inspección de seguridad industrial en un establecimiento industrial en materia de protección contra incendios. La razón de ello es que este Reglamento es un conjunto de normas y requisitos constructivos muy amplio y complicado de entender y en el que pueden surgir muchas dudas a la hora de aplicarlo. Los objetivos principales son tres:

- Elaborar una guía/manual de cómo aplicar el Reglamento de Seguridad contra incendios, que normas usar, y en qué casos aplica.
- Aplicación a un caso real, se trata de una instalación de uso industrial.
- Estudiar la importancia de los materiales y su resistencia al fuego en función de sus estructuras electrónica, macro y microscópicas, en particular del acero y del hormigón.
- Realizar un estudio económico y de viabilidad de dos formas diferentes de ejecutar una obra en cuanto al reglamento mencionado

La estructura del proyecto va ligada a los objetivos. En primer lugar, se explica todo lo que se debe tener en cuenta a la hora de aplicar este reglamento en una inspección, como que partes se deben inspección, que normas UNE-EN aplican, que mediciones o pruebas se deben realizar sobre los elementos de la instalación de protección contra incendios. En segundo lugar, se aplican toda esta metodología y conocimientos a una inspección real que ha formado parte de mi mi experiencia laboral. Se continúa con el estudio del comportamiento frente al fuego del acero y hormigón, ya que son los dos materiales más usados en construcción, y como afectan sus estructuras a nivel atómica, macro y microscópico. Y para terminar se hace un estudio económico y de viabilidad de dos formas diferentes de ejecutar una obra para adecuar la instalación a los requisitos que exige el reglamento.

DESARROLLO DEL TFG

CAPÍTULO 1: OBJETO, AMBITO DE APLICACIÓN Y COMPATIBILIDAD REGLAMENTARIA

El ámbito en el que se va a desarrollar el siguiente escrito es la Seguridad Industrial, y en concreto en el desarrollo, aplicación y justificación del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI) [1]. La entrada en vigor de este Real Decreto fue a los 30 días de su publicación en el BOE del 17 de Diciembre de 2004.

Este reglamento se desarrolló al comprobar que las medidas y condiciones que deben reunir las edificaciones en materia de protección contra incendios dispuestas en el Real Decreto 1942/1993, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI) [2]; y la Norma Básica de Edificación, aprobada por el RD 2177/1996 [3], eran insuficientes para edificios de uso industrial.

Cabe destacar que el RIPCI [2] fue modificado en 1998 por la Orden del 16 de Abril [4], y posteriormente fue derogado el 22 de mayo de 2017 por el Real Decreto 513/2017 por el que se aprueba el nuevo Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios [5]. De esta forma, toda instalación existente a la entrada en vigor del RIPCI [5], que es a los seis meses de su publicación, se registrará por el RICPI [2], y toda aquella que sea posterior se registrará por el RIPCI [5]; y el 29 de Septiembre de 2006 la NBE [3] quedó derogada, y habrá que usar en su caso, el Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad en caso de Incendio [6]

El objeto del reglamento RSCIEI [1] es “establecer y definir los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes”.

Encontramos dos tipos de actividades de protección contra incendios:

- Actividades para la prevención del incendio, que son aquellas cuyo fin es limitar el riesgo de incendio y aquellas circunstancias que lo pudieran favorecer.

- Actividades de respuesta al incendio, cuya finalidad es controlar y luchar contra la propagación del incendio, así como extinguirlo.

El ámbito de aplicación de este reglamento RSCIEI [1] son los establecimientos industriales, y se aplicará a todos los que sean de nueva construcción a partir de la fecha de entrada en vigor; a los ya existentes que trasladen su ubicación, modifiquen su actividad, aumente su riesgo intrínseco o a los ya existentes que realicen una ampliación, caso en el que se aplicará este reglamento exclusivamente a la parte ampliada. Los establecimientos industriales son aquellos que:

- Estén definidos como Industrias según el artículo 3.1 de la Ley 21/1992 de 16 de Julio, de Industria [7]: “Actividades dirigidas a la obtención a la obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos industriales, el envasado y embalaje, así como el aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos o subproductos, cualquiera que sea la naturaleza de los recursos y procesos técnicos utilizados.”
- Almacенamientos industriales, definido como aquel recinto, cubierto o no, y que de forma fija o temporal se dedique a albergar productos de cualquier tipo.
- Talleres de reparación de vehículos, así como los estacionamientos de estos cuyo fin sea el transporte de personas y/o mercancías.
- Aquellas actividades o servicios auxiliares o complementarios de las actividades descritas anteriormente.
- Almacenes de cualquier tipo cuya carga de fuego supere los tres millones de mega julios (MJ).
- También será de aplicación a aquellos establecimientos industriales ya existentes a la entrada en vigor de este reglamento, pero que, por sus características, situación y/o cargas de fuego supongan un peligro para las personas, bienes y su entorno y que así esté determinado por la Administración autonómica competente.

En cuanto a la compatibilidad reglamentaria, las excepciones de aplicación de este reglamento RSCIEI [1] son las siguientes:

- Cuando en una misma edificación coexistan con dicha actividad industrial otros usos no industriales con una titularidad distinta, se le aplicará la NBE-DB-SI [3] o la normativa aplicable a esa instalación.
- Cuando en una misma edificación coexista con la actividad industrial otros usos con la misma titularidad, se le aplicara la NBE-DB-SI [3], o la normativa aplicable a esa instalación cuando se den las siguientes situaciones o superen las siguientes áreas construidas:
 - o Zona comercial mayor a 250 m².
 - o Zona administrativa mayor a 250 m².

- Salas de reuniones/conferencias con una capacidad superior a 100 personas sentadas.
 - Archivos superiores a 250 m² o 750 m³ de volumen almacenado.
 - Bar, cafetería, comedor o cocina mayor a 150 m² o capacidad para 100 comensales simultáneamente.
 - Biblioteca mayor a 250 m².
 - Zonas de alojamiento persona con capacidad superior para 15 camas.
- Aquellas actividades cuya carga de fuego sea menor a 42 MJ/m² siempre que su superficie útil sea menor a 60 m².

Estas zonas deberán constituir un sector de incendios independiente.

Así mismo, se excluirá de aplicación de este reglamento RSCIEI [1] a aquellas instalaciones industriales que:

- Estén en construcción y cuyos proyectos tengan solicitada la licencia de actividad previa entrada en vigor del Real Decreto;
- Aquellas instalaciones cuyos proyectos estén aprobados por la Administración Pública o Colegios Profesionales a la fecha de entrada en vigor, y las obras de estos citados casos, siempre y cuando se solicite la licencia en los 6 meses siguientes a la entrada en vigor de Real Decreto.

Quedan fuera del ámbito de aplicación también aquellas actividades que sean nucleares, radioactivas, de extracción de minerales, actividades agropecuarias y de uso militar que se rigen por una normativa específica.

CAPÍTULO 1.1: DOCUMENTACION REQUERIDA Y PUESTA EN MARCHA

Todo establecimiento que requiera de la aplicación de este Reglamento RSCIEI [1] deberá disponer de la siguiente documentación para iniciar su actividad:

Proyecto; dicho documento se podrá encontrar incluido dentro del proyecto general de la instalación con el resto de las normativas a cumplir, o ser un proyecto específico de protección contra incendios.

El proyecto debe estar redactado y firmado por un técnico titulado competente, y debe contener todas las condiciones necesarias que debe cumplir la instalación para justificar la correcta aplicación del Reglamento RSCIEI [1], en cuanto a los materiales, equipos y sistemas de protección contra incendios presentes en la instalación.

Certificado de Fin de Obra; este escrito, emitido por un técnico titulado competente, deberá ser presentado ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma. En dicho documento se deberá indicar que las instalaciones están acordes al proyecto y que cumplen las prescripciones técnicas del Reglamento RSCIEI [1]. También deberá contener el riesgo intrínseco del establecimiento industrial, el número de sectores independientes de incendios, así como el riesgo de cada uno de ellos. Así como las modificaciones que haya sufrido el proyecto durante su construcción.

Certificados de instalación; una vez concluida la construcción del establecimiento industrial e instalación de los sistemas de protección contra incendios requeridos, un técnico titulado competente deberá firmar los certificado/s de la/s empresa/s instaladora/s habilitada/s de la correcta instalación de los sistemas presentas en la instalación, que según indica el RIPC I [2] y RIPC I [5], deban ser instalados por una empresa instaladora habilitada para ello.

Registro de Industria; todo establecimiento industrial deberá tener registradas todas aquellas actividades que precisen del cumplimiento de una normativa industrial, entre ellas, la de protección contra incendios. A cada establecimiento se le asigna un nº de Registro Industrial, bajo el que están incluidas todas las actividades. Para ello, el titular de la instalación deberá presentar todos los documentos previamente citados ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, para bien registrar inicialmente el establecimiento y obtener el nº de Registro Industrial, o para registrar bajo el nº ya existente, la instalación de protección contra incendios.

Contrato de mantenimiento y revisiones; todo establecimiento industrial deberá tener en vigor un contrato con una empresa habilitada mantenedora, en el cual, según el RIPC I [2] y RIPC I [5], se realicen las revisiones, pruebas y mantenimiento trimestrales y anuales de los sistemas de protección contra incendios de la instalación. Dicha empresa deberá emitir y proporcionar al titular de la instalación sendos certificados, en los que se indicarán las operaciones de mantenimiento realizadas, y aquellas deficiencias encontradas en la instalación. En dicho contrato, la empresa de mantenimiento se compromete a subsanar todas las deficiencias que, una vez comunicadas al titular, este quiera subsanar, con la mayor brevedad y eficacia, cumpliendo con la normativa aplicable.

CAPÍTULO 1.2: CONDICIONES Y REQUISITOS A CUMPLIR POR LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN MATERIA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

Las condiciones y requisitos que debe cumplir cada establecimiento industrial se determinan en función del tipo y configuración del establecimiento en relación a su entorno, y del riesgo intrínseco y del área ocupada del mismo, este proceso se llama caracterización, y se verá detalladamente en el capítulo 2.

Estas condiciones y requisitos se clasifican en dos tipos:

- Condiciones constructivas y materiales usados, o protección pasiva.
- Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios, o protección activa.

Las condiciones constructivas que deba cumplir cada establecimiento industrial se ajustarán lo establecido en el capítulo 2.2, en función de lo que dictamine su caracterización.

Los requisitos que deben cumplir los sistemas de protección contra incendios que, sean necesarios instalar según lo establecido en el capítulo 2.3, en función de lo que dictamine su caracterización, vienen establecidos en el RIPC [2] y RIPC [5].

Una de las finalidades de los reglamentos RIPC [2] y RIPC [5], es establecer los requisitos que deben satisfacer los diferentes sistemas de protección contra incendios que sean necesarios instalar. Estos vienen definidos por las diferentes Normas UNE o EN que, en función de la fecha de puesta en servicio, sean de obligado cumplimiento por orden de alguno de los reglamentos, RIPC [2] y RIPC [5], o por aquellas indicaciones que, sin pertenecer a una norma específica, cada reglamento indique que sean de obligado cumplimiento.

Otra de las finalidades es establecer qué requerimientos deben cumplir y de qué documentación deben disponer en regla las empresas instaladoras y mantenedoras de los sistemas de protección contra incendios.

CAPÍTULO 1.3: INSPECCIONES PERIÓDICAS

Con el fin de comprobar, una vez iniciada la actividad, que cada instalación sigue cumpliendo con lo todo lo establecido en el RSCIEI [1], el titular del establecimiento industrial deberá solicitar a un Organismo de Control Autorizado una inspección periódica de las instalaciones de protección contra incendios,

Una OCA, u Organismo de Control Autorizado, es una empresa privada que hace cumplir la normativa de seguridad industrial establecida por el Gobierno. Para ello, primero deben obtener una acreditación por parte de ENAC, (Entidad Nacional de Acreditación). Esta entidad, designada por el Gobierno para operar en España como el único Organismo Nacional de Acreditación, trabaja sin ánimo de lucro para hacer cumplir los cinco principios fundamentales por los que se regulan la acreditación en Europa [8]:

- Ausencia de ánimo de lucro.
- Independencia.
- No competencia.
- Evaluación internacional.
- Reconocimiento mutuo.

El objetivo de esta entidad es llevar a cabo un proceso de auditoria previo a obtener la acreditación para asegurar que la OCA cumple con los requisitos necesarios para poder desempeñar sus funciones de forma profesional, imparcial, con transparencia e independencia. A mayores, todos los años, las OCAs se someten a una auditoria en alguna materia de seguridad industrial (Protección contra incendios, aparatos elevadores, baja tensión, etc), para asegurar que se siguen cumpliendo estas premisas.

En dichas inspecciones, llevadas a cabo por las OCAs, se comprobarán los siguientes puntos:

- Cambios en la actividad industrial o ampliaciones de la instalación.
- Mantenimiento del tipo de establecimiento, así como del número de sectores/áreas de incendio y de su riesgo intrínseco.
- El estado de los sistemas de protección contra incendios, y el aseguramiento de que cumplen con las exigencias del establecimiento.
- Comprobación de que las operaciones de mantenimiento se realizan según lo dispuesto en el apéndice 2 del RIPCI [2] o RIPCI [5], según aplique.

Cabe destacar la importancia de estas inspecciones periódicas ya que este reglamento no exige una inspección inicial favorable para poder poner en marcha la actividad.

Una vez realizada la inspección, el técnico titulado competente de la OCA emitirá un acta con un dictamen, y deberá de estar firmada por este y el titular, y ambos deberán conservar una copia.

La periodicidad de estas inspecciones depende del riesgo intrínseco, que más adelante se verá cómo se calcula para una instalación concreta, y se distingue entre:

- Riesgo Bajo: como máximo, cada cinco años.
- Riesgo Medio: como máximo, cada tres años.
- Riesgo Alto: como máximo, cada dos años.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA Y PROCESO DE INSPECCIÓN

En un primer momento se usaba el RSCIEI [1] y el RIPCI [2] como guía para realizar la inspección, pero en enero de 2014 se publicó una Norma UNE, en concreto la 192005-2014, que establece el Proceso para la Inspección Reglamentaria en Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales [9]. El objetivo de esta Norma [9] es unificar el proceso de inspección a seguir por los diferentes Organismos de Control Autorizados para garantizar instalaciones más eficaces y seguras, para así poder salvaguardar la seguridad e integridad de sus ocupantes y del propio establecimiento.

Esta norma fue desarrollada por un subcomité del Comité Técnico de Normalización 192 “Inspecciones Periódicas Reglamentarias”, especializado en esta materia. Lo componían el Ministerio de Industria, Departamentos de Industria de varias Comunidades Autónomas, Asociaciones de OCAs, y Asociaciones de fabricantes, instaladores y mantenedores del sector de la Protección Contra Incendios. Todos ellos aportaron sus conocimientos, experiencias y documentos en esta materia para poder diseñarlo de la mejor manera posible.

De aquí en adelante se comentarán de forma genérica, por orden, los pasos a seguir para realizar de forma correcta una inspección periódica reglamentaria.

Más adelante, es un caso práctico, se aplicarán de forma más detallada.

CAPÍTULO 2.1: CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

En primer lugar, se caracteriza el establecimiento industrial, que depende de:

- Configuración y ubicación respecto a su entorno
- El nivel de riesgo intrínseco de cada sector, edificio y establecimiento industrial.

CAPÍTULO 2.1.1: CONFIGURACION Y UBICACIÓN RESPECTO A SU ENTORNO

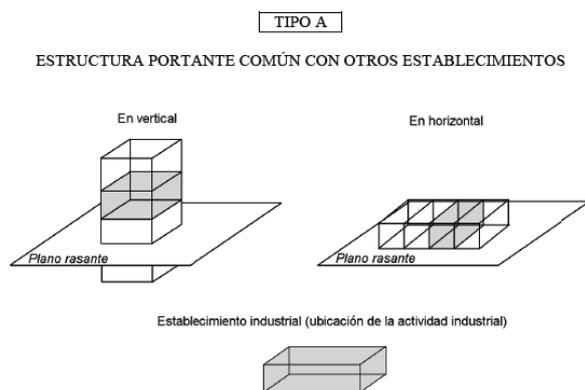
En función de cómo esté situado el establecimiento industrial respecto a otros y a su entorno será de un tipo u otro. Todas las configuraciones de los establecimientos industriales se pueden resumir en dos tipos:

- Ubicados en edificios.
- Ubicados en espacios abiertos no constituyendo un edificio.

Los establecimientos industriales pueden estar constituidos por varias configuraciones de los diferentes tipos que ahora veremos.

CAPÍTULO 2.1.1.1: UBICADOS EN EDIFICIOS

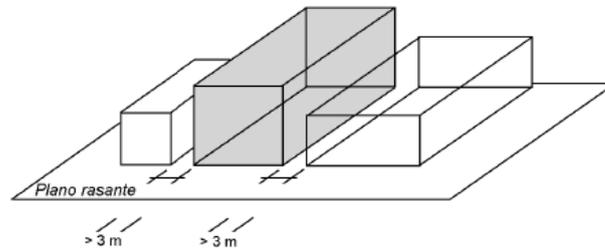
- **TIPO A:** el establecimiento industrial ocupa una parte de un edificio, que es compartido con otros establecimientos, que pueden ser industriales o no. Comparten la estructura portante. (Figura 1)



- **TIPO B:** el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que es colindante a otro/s edificio/s o con una separación entre estos de 3 metros o menos, que pertenecen a otro establecimiento industrial. Cada edificio tiene una estructura portante independiente. (Figura 2)

TIPO B

ESTRUCTURA INDEPENDIENTE



ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL (Ubicación de la actividad industrial)

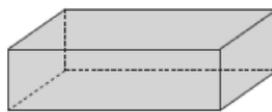
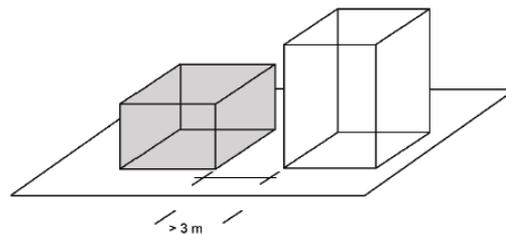


Figura 2: Tipo B

- **TIPO C:** el establecimiento industrial ocupa totalmente uno o varios edificios, estando estos situados a más de 3 m de distancia de otro/s perteneciente/s a otro establecimiento industrial. Cada edificio tiene una estructura portante independiente. (Figura 3)

TIPO C

ESTRUCTURA PORTANTE INDEPENDIENTE



ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL (Ubicación de la actividad industrial)



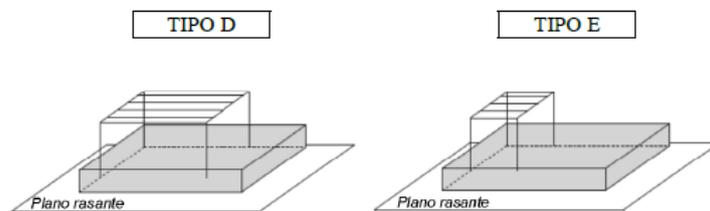
Figura 3: Tipo C

En los tipos A, B, y C, hablaremos de Sector de Incendio,

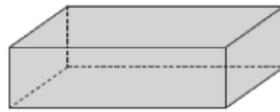
CAPÍTULO 2.1.1.2: UBICADOS EN ESPACIOS ABIERTOS NO CONSTITUYENDO UN EDIFICIO

- **TIPO D:** el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar cubierto, en más de un 50% de su superficie, y alguna de sus fachadas carece completamente de cerramiento lateral. (Figura 4)
- **TIPO E:** el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto, hasta un 50% de su superficie, y alguna de sus fachadas carece completamente de cerramiento lateral. (Figura 4)

ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES UBICADOS EN ESPACIOS ABIERTOS



ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL (Ubicación de la actividad industrial)



Ubicación de la actividad industrial

Figura 4: Tipo D y E

En los tipos D y E hablaremos de Área de Incendio, que se define como un área abierta definida únicamente por su perímetro.

CAPÍTULO 2.1.2: NIVEL DE RIESGO INTRINSECO

El siguiente paso para caracterizar desde el punto de vista de la protección contra incendios un establecimiento industrial es establecer su nivel de riesgo intrínseco.

Este nivel de riesgo intrínseco se calculará para cada sector o área; después para el edificio o edificios compuesto/s por los diferentes sectores/áreas; y por último, para el establecimiento industrial, compuesto por los varios edificios.

Las combinaciones son infinitas, algunos de los ejemplos más comunes son:

- Establecimiento compuesto por un edificio, y este por 1 sector.
- Establecimiento compuesto por un edificio y este por 2 o más sectores.
- Establecimiento compuesto por 2 o más edificios, y estos compuestos por 1 o más sectores cada uno.

El nivel de riesgo intrínseco de cada sector viene determinado por la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de las diferentes actividades desarrolladas en cada sector o área de incendios.

Para calcularla hay diferentes fórmulas, pero aquí se presentará, explicará y usará una de ellas, que es la más usada en el proceso de inspección de SIMECAL [10]

Esta densidad de carga de fuego dependerá de los diferentes procesos y actividades que toman lugar en las instalaciones, así como de los materiales almacenados; de forma que el primer sumando de la ecuación es la densidad de carga de fuego que aportan los diferentes procesos y actividades, mientras que el segundo sumando es la densidad de carga de fuego que aportan los diferentes materiales almacenados.

Se calcula con la siguiente formula (Ecuación 1):

$$Q_s = \frac{\sum_1^i (q_{si} \times S_i \times C_i) + \sum_1^j q_{hj} \times h_j \times S_j \times C_j}{A} \times R_a$$

Ecuación 1: Densidad de carga de fuego ponderada para sector o área de incendios.

Donde:

Q_s: densidad de carga de fuego ponderada y corregida del sector o área de incendios. [MJ/m² ó Mcal/m²]

q_{si}: densidad de carga de fuego que aporta cada metro cuadrado de zona con un proceso diferente (i) en el sector o área de incendios. [MJ/m² ó Mcal/m²]

S_i: superficie que ocupa cada proceso (i) dentro del sector o área. [m²]

C_i: coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad por la combustibilidad de cada proceso (i).

q_{hj}: densidad de carga de fuego que aporta cada metro cúbico del material (j) almacenado. [MJ/m³ ó Mcal/m³]

h_j: altura del almacenamiento de cada combustible (j). [m]

S_j: superficie que ocupa cada actividad (j) dentro del sector o área. [m²]

C_j: coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad por la combustibilidad de cada material almacenado (j).

A: área total del sector o área de incendios. [m²]

R_a: coeficiente adimensional que corrige la peligrosidad por activación inherente a la actividad industrial.

Se puede observar que en el primer sumando trabajamos con m², ya que para los procesos y actividades no se considera la altura, solo la superficie que ocupa este. Mientras que, en el segundo sumando, almacenamiento, sí que se tiene en cuenta la altura, ya que trabajamos en m³.

A la hora de aplicar esta fórmula hay que prestar especial atención a no confundir los términos “S” y “A”, algo que en mi experiencia como inspector he visto en varias ocasiones.

Cabe también destacar el valor de R_a que se va a usar, ya que se puede ver en la fórmula que hay un único valor, no un sumatorio. Cuando tenga lugar solo un proceso, y/o materiales almacenados se usará el valor de esta; pero cuando existen varios procesos y/o materiales almacenados, se escogerá la R_a de mayor valor, siempre y cuando este proceso o actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie total del sector o área de incendios.

Cometer un fallo a la hora de elegir estos valores puede suponer una gran diferencia en la densidad de carga de fuego. Este fallo puede hacer que el riesgo calculado sea mayor que el real, lo que conllevaría un gasto económico mayor e innecesario, ya que son requeridos más sistemas de protección contra incendios y mejores condiciones constructivas. Por otro lado, también puede ocurrir que el riesgo calculado sea menor que el real, lo que causaría que la dotación de sistemas instalados, así como las condiciones constructivas estén por debajo del mínimo exigible real, y que en caso de incendio no se pueda ni contener ni propagar este, suponiendo un grave peligro para la salud de las personas, para la integridad del establecimiento industrial y aquellos contiguos, en caso de que tenga; así como para los materiales o procesos industriales situados dentro del establecimiento.

Los valores de q , C y R_a están tabulados, un ejemplo de ello lo podemos encontrar en el extracto de la tabla 1.2 del Anexo I (Valores de densidad de Carga de Fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y Riesgo de activación Asociado, R_a) (Tabla 1), del RSCIEI [1], y de los cuales, q y R_a han sido caracterizados por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; mientras que los valores de C_i , que también aparecen en las tablas recién mencionadas, se han extraído del Catálogo CEA de CEPREVEN según los criterios de equivalencia establecidos en la Guía Técnica de aplicación del RSCIEI [1]. (Tabla 2)

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

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	q_s		R_a	q_v		R_a
	MJ/m ²	Mcal/m ²		MJ/m ³	Mcal/m ³	
Abonos químicos	200	48	1,5	200	48	1,0
Aceites comestibles	1.000	240	2,0	18.900	4.543	2,0
Aceites comestibles, expedición	900	216	1,5	18.900	4.543	2,0
Aceites: mineral, vegetal y animal	1.000	240	2,0	18.900	4.543	2,0
Acero	40	10	1,0			
Acero, agujas de	200	48	1,0			

Tabla 1: Extracto de la tabla 1.2 del RSCIEI

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

Tabla 2: Tabla de Valores del Coeficiente de Peligrosidad por Combustibilidad C_i

Como aclaración, la ITC MIE-APQ1 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, fue aprobada por el Real Decreto 379/2001, de 6 Abril [11].

El siguiente paso es calcular la densidad de carga de fuego ponderada del edificio. En caso de que solo haya un único sector de incendios, la carga del edificio y por ende, la del establecimiento industrial, será la misma que la del sector. En caso de que el edificio este compuesto por varios sectores o áreas de incendios se usará la siguiente fórmula (Ecuación 2):

$$Q_e = \frac{\sum_1^i (Q_{si} \times A_i)}{\sum_1^i A_i}$$

Ecuación 2: Densidad de carga de fuego ponderada y corregida para edificio industrial

Donde:

Q_e: densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial. [MJ/m² ó Mcal/m²]

Q_{si}: densidad de carga de fuego de cada sector o área de incendios (i) que forman el edificio industrial. [MJ/m² ó Mcal/m²]

A: área total de cada sector o área de incendios (i) que componen el edificio industrial. [m²]

Y como último paso, en caso de que haya varios edificios que compongan el establecimiento industrial, la densidad de carga de fuego de este se calcula con la siguiente fórmula (Ecuación 3):

$$Q_E = \frac{\sum_1^i (Q_{ei} \times A_{ei})}{\sum_1^i A_{ei}}$$

Ecuación 3: Densidad de carga de fuego ponderada y corregida para un establecimiento industrial.

Donde:

Q_E: densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del establecimiento industrial. [MJ/m² ó Mcal/m²]

Q_{ei}: densidad de carga de fuego de cada edificio (i) que componen el establecimiento industrial. [MJ/m² ó Mcal/m²]

A_{ei}: área total de cada edificio (i) que componen el establecimiento industrial. [m²]

Una vez calculada de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida del establecimiento, la tabla 1.3 (Tabla 3) del RSCIEI [1] nos permite asociar al edificio un determinado nivel de riesgo intrínseco.

TABLA 1.3

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

Tabla 3: Tabla 1.3 del RSCIEI, Nivel de riesgo intrínseco en función de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida

Los niveles de riesgo intrínseco se dividen en 3, bajo, medio y alto, y su vez estos en bajo 1 y 2, medio 3,4 y 5, y alto 6,7 y 8.

Se podría decir que la caracterización del establecimiento es el paso más importante ya que del resultado de este dependen todos los siguientes pasos, comprobaciones y requisitos.

El siguiente paso es establecer las condiciones constructivas de los establecimientos, así como los requisitos que deben cumplir los sistemas de protección contra incendios que requieran ser instalados; aunque este proceso tiene una peculiaridad, en función del nivel de riesgo intrínseco. Estas condiciones y requisitos las tienen que satisfacer cada sector en función de su riesgo intrínseco, de forma que, si un sector es Riesgo Bajo 2, tendrá que cumplir una serie de exigencias distintas a un sector con Riesgo Alto 6, aunque pertenezcan al mismo edificio y establecimiento y sean colindantes.

CAPÍTULO 2.2: CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACION, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRINSECO.

En este capítulo se describirán todos los requisitos, medidas y disposiciones que debe cumplir la construcción del establecimiento industrial, también llamada protección pasiva, así como superficies máximas o ubicaciones no permitidas. La función de esta protección pasiva es evitar el inicio del incendio, así como la contención de este de expandirse a otras zonas y asegurar la integridad del establecimiento industrial.

CAPÍTULO 2.2.1: DEFINICIONES Y EXPLICACIONES PREVIAS

Para ello, primero se definirán ciertos términos que pueden estar sujetos a diferentes interpretaciones, dependiendo del campo en el que se usen, para que no haya contradicciones es necesario una definición precisa de los mismos:

CAPÍTULO 2.2.1.1: FACHADAS ACCESIBLE Y CONDICIONES DEL ENTORNO ACCESIBLE

CAPÍTULO 2.2.1.1.1 FACHADAS ACCESIBLES

Se definen como aquellas que tienen huecos que permitan el acceso desde el exterior al personal de servicio de extinción de incendios.

Las condiciones que deben cumplir estas fachadas son:

- Facilitar el acceso a cada una de las plantas del edificio, de forma que la distancia entre el alfeizar respecto al suelo de la planta sea como máximo 1.2 metros.
- Las dimensiones tienen que ser como mínimo 0,8 metros de ancho por 1,2 metros de alto.
- La distancia, medida sobre la fachada, de los ejes verticales de dos huecos consecutivos no puede superar los 25 metros.
- No se deben instalar elementos cerca de la fachada que dificulten al acceso al interior del edificio a través de los citados huecos, a no ser

que sean estrictamente necesarios como elementos de seguridad en aquellas plantas cuya altura de evacuación sea superior a 9 metros

CAPÍTULO 2.2.1.1.2: CONDICIONES DEL ENTORNO ACCESIBLE

En aquellos edificios en los que se cuente con una altura de evacuación superior a 9 metros deben disponer de un espacio de maniobra para vehículos de protección contra incendios que cumplan los siguientes requisitos:

- Anchura mínima libre de 6 metros.
- Altura libre como mínimo la del edificio.
- Separación máxima al edificio de 10 metros.
- Distancia máxima hasta cualquier acceso principal de 30 metros.
- Pendiente máxima del 10 por ciento.
- Capacidad mínima portante del suelo de 2000 kg/m².
- Resistencia mínima al punzonamiento del suelo de 500 kg/m², en tapas de registro público, siempre que sus dimensiones sean mayores de 0,15x0,15 metros.

En los establecimientos de riesgo intrínseco medio y alto, deberá haber una franja perimetral de 25 metros a masas forestales.

Los viales que den acceso a estas fachadas accesibles deben cumplir los siguientes requisitos:

- Anchura mínima libre de 5 metros.
- Altura mínima libre de 4,50 metros.
- Capacidad mínima portante del suelo de 2000 kg/m².

En aquellos tramos que sean curvos, deben estar delimitados por una corona circular de radio mínimo de 5,30 y 12,50 metros.

CAPÍTULO 2.2.1.2: ESTRUCTURA PORTANTE Y CERRAMIENTOS

Es considerado como estructura portante los siguientes elementos:

- Forjados.
- Vigas.
- Soportes.
- Estructura principal y secundaria de la cubierta.

Son los encargados de mantener la estructura e integridad del establecimiento industrial

CAPÍTULO 2.2.1.2.1: ESTRUCTURA PRINCIPAL Y SECUNDARIA DE LA CUBIERTA

La estructura principal de la cubierta está formada por los dinteles y cerchas así como los soportes cuya única función sea sujetarla, a ella sola, o además a un puente grúa.

CAPÍTULO 2.2.1.2.2: CUBIERTA LIGERA

Se define como cubierta ligera a aquella cuyo peso propio no sea mayor de 100 kg/m².

Para calificar una cubierta como ligera o no, se tendrán en cuenta los siguientes elementos para calcular el peso propio:

- Estructura de la cubierta.
- Correas.
- Materiales de cobertura.
- La viga carril y la propia grúa, en caso de que exista.

CAPÍTULO 2.2.1.2.3: CERRAMIENTOS

Son aquellos elementos que, sin tener una capacidad portante, delimitan los habitáculos; pudiendo ser límites con otro habitáculo del mismo establecimiento industrial, con otro establecimiento industrial, o simplemente con el entorno que lo rodea.

CAPÍTULO 2.2.2: RESTRICCIONES DE CONSTRUCCION POR AREAS MAXIMAS Y UBICACIONES NO PERMITIDAS

La mejor forma de entender las áreas máximas y las ubicaciones no permitidas es a través de tablas que ilustren estas restricciones.

CAPÍTULO 2.2.2.1: UBICACIONES PERMITIDAS

En la Tabla 4 podemos encontrar aquellas ubicaciones que, marcadas con una X, serán permitidas para los establecimientos industriales en función del tipo, riesgo intrínseco e ubicación de la planta:

	TIPO A			TIPO B			TIPO C		
	R.BAJO	R.MEDIO	R.ALTO	R.BAJO	R.MEDIO	R.ALTO	R.BAJO	R.MEDIO	R.ALTO
PLANTA BAJO RASANTE	X			X	X	X	X	X	X
2ª PLANTA BAJO RASANTE									
PERIMETRO ACCESIBLE <5 M	X			X			X	X	X
ALTURA EVACUACION > 15 M, DESCENDENTE			X	X	X	X	X	X	X
DISTANCIA A MASA FORESTAL < 25 M	X			X			X		

Tabla 4: Ubicaciones permitidas según riesgo intrínseco y tipo de edificio

CAPÍTULO 2.2.2.2: MAXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE POR SECTOR DE INCENDIOS

En este capítulo se verán las limitaciones en cuanto a dimensiones de los sectores en los establecimientos industriales en función del tipo de edificio y su riesgo intrínseco.

CAPÍTULO 2.2.2.2.1: TIPOS DE EDIFICIO A, B Y C

En la Tabla 5, podemos ver el área máxima que puede tener un sector en un edificio tipo A, B ó C, en función de su nivel de riesgo intrínseco:

TIPO A (m ²)			TIPO B (m ²)			TIPO C (m ³)		
RIESGO ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO BAJO	RIESGO ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO BAJO	RIESGO ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO BAJO
NO PERMITIDO	M3 - 500 M4 - 400 M5 - 300 (2)(3)	B1 - 2000 B2 - 1000 (1)(2)(3)	A6 - 2000 A7 - 1500 A8 - NO (3)	M3 - 3500 M4 - 3000 M5 - 2500 (2)(3)	B1 - 6000 B2 - 4000 (2)(3)(5)	A6 - 3000 A7 - 2500 A8 - 2000 (3)(4)	M3 - 5000 M4 - 4000 M5 - 3500 (3)(4)	B1 - SIN LIMITE B2 - 6000 (3)(4)

Tabla 5: Máxima superficie construida admisible por sector en edificios A, B y C

NOTAS:

(1) Si el sector de incendios está situado en el primer nivel bajo rasante de la calle, la superficie máxima permitida construida es de 400 m², y que puede ser incrementada aplicando las notas (2) y (3).

(2) Si la fachada accesible del establecimiento industrial es mayor al 50 por ciento de su perímetro, se podrá multiplicar a la máxima superficie construida admisible por 1,25.

(3) Cuando sean instalados sistemas de rociadores automáticos de agua, siempre que no sean exigidos preceptivamente por el capítulo 2.3.2.7, la máxima superficie construida se podrá multiplicar por 2.

(4) En configuración de tipo C, el sector de incendios podrá tener cualquier superficie construida, siempre y cuando esté instalado un sistema de extinción fija y la distancia a límites de parcelas con posibilidad de edificar sea superior a 10 metros.

(5) En establecimientos de tipo B, con riesgo intrínseco bajo 1, y cuya única actividad sea la de almacenar materiales de clase A, y en el que todos los materiales de construcción empleados, inclusive los revestimientos, sean de tipo A, la máxima superficie construida podrá ser de 10.000 m².

En estos casos hablaremos de sectorización, cuya finalidad es evitar la propagación de un incendio a un sector colindante.

CAPÍTULO 2.2.2.2.2: TIPOS DE EDIFICIO D Y E

En estos casos, en los que tenemos áreas de incendios en vez de sectores, las limitaciones vendrán dadas por las distancias, alturas, superficies y volúmenes de las pilas de almacenamiento.

Estas pilas se pueden definir como las agrupaciones de materiales almacenados.

Las restricciones aplicables son:

- Superficie máxima de 500 m².
- Volumen máximo de 3500 m³.
- Altura máxima de cada pila de 15 metros.
- Longitud máxima entre pilas de 45 metros, si el pasillo entre ellas es mayor de 2,50 metros; y de 20 metros si el pasillo es menor de 2,50 metros.

CAPÍTULO 2.2.3: MATERIALES

La selección de los materiales adecuados para la construcción en este tipo de edificaciones es de gran importancia, ya que dependiendo de las características de estos materiales el comportamiento del edificio ante un incendio, la iniciación de este, así como la propagación en los primeros instantes serán diferentes.

Por ello, en este capítulo se definirán los requisitos que deben cumplir los materiales utilizados, para que su comportamiento frente al fuego, también llamado reacción al fuego, sea el adecuado. Estos materiales van a estar presentes en los productos de revestimiento, aquellos incluidos en paredes y pintura, falsos techos, suelos, y así como los elementos constructivos. Esta reacción al fuego viene determinada, entre otras cosas, por las características y propiedades de cada material.

Para determinar la clase en la que se encuadra cada material se aplica el Real Decreto 312/2005 de 18 de Marzo por el que se aprueba la Clasificación de los Productos de Construcción y de los Elementos Constructivos [12]. Este Real Decreto incorpora las normas de ensayos traducidas de las correspondientes normas emitidas por el Comité Europeo de Normalización y además, incluye la nueva clasificación europea siguiendo la Norma de Clasificación UNE-EN 13501-1 [13]. También existe la posibilidad de clasificar los materiales según la norma UNE 23727 Clasificación de los Materiales usados en la Construcción [14], que, aunque fue derogada nos sirve para obtener de forma aproximada la resistencia al fuego de un material.

Estas Normas UNE [13] [14], realizan una serie de ensayos (conforme a otras normas UNE e ISO de ensayo) sobre los materiales para comprobar cómo se comportan y reaccionan ante diferentes situaciones, y según los resultados, se les asigna una nomenclatura que sirve para su clasificación.

La nomenclatura que sigue la Norma [13] diferencia entre materiales o productos de construcción (exceptuando suelos), y suelos. Tras los pertinentes ensayos, se otorga a cada material 3 diferenciaciones:

- En primer lugar, una letra: de la F a la A (existe A1 y A2); siendo el F aquel material no clasificado, E el material más combustible y que más aporta al fuego y A1 aquel no combustible y sin ninguna contribución al fuego [15]. Para los suelos se le añade el subíndice “fl”, del inglés floor.
- En segundo lugar, la clasificación en cuanto a la producción de humo: la clasificación va desde s1 a s3 para los productos de construcción y de s1 a s2 para los suelos; siendo s1 el material que más limitada tiene

la producción de humo, y s3 aquel cuya producción de humo no está limitada.

- En tercer lugar, la clasificación según la producción de gotas/partículas en llamas: aplicable solo a los productos de construcción, va desde la d0 a la d2; de forma que el material clasificado como d0 no produce gotas en llamas y d2 para aquel material sobre el que no se tenga control de las gotas en llamas producidas.

Según la Norma [14] actualmente derogada existen 5 clasificaciones de los materiales en función de su resistencia al fuego, de M0 a M4, siendo el M0 el más resistente y el M4 el menos. Es bastante complicado que un material sea designado como M0 ya que tiene que cumplir una serie de requisitos bastantes estrictos, de forma que la gran mayoría de materiales están considerados dentro del intervalo de categorías M1-M4.

Aunque la Norma [14] fue derogada todavía hoy es usada ocasionalmente, de forma que el Real Decreto [12] establece una serie de relaciones entre las clasificaciones de ambas Normas [14] [13]; la correlación entre ambas normas aparece representada en las siguientes tablas (Tabla 6)(Tabla 7):

Clase exigida conforme a la Norma UNE 23727	Clase que debe acreditarse conforme a la Norma UNE 12501-1 ⁽¹⁾
M0	A1/A2-s1-d0
M1	B-s3-d0
M2	C-s3-d0
M3	D-s3-d0

Tabla 6: Relación entre Normas (10) y (11) para productos de construcción

Clase exigida conforme a la Norma UNE 23727	Clase que debe acreditarse conforme a la Norma UNE 12501-1 ⁽¹⁾
M0	A1 _{fl} /A2 ^{fl} -s1
M1	A2 _{fl} -s2
M2	B _{fl} -s2
M3	C _{fl} -s2

Tabla 7: Relación entre Normas (10) y (11) para suelos

- (1) Se admiten todos los materiales cuyos índices, para las 3 clasificaciones, sean iguales o más favorables a los mínimos exigidos.

Otra serie de conceptos que es importante explicar y tener en cuenta porque serán exigidos a los diferentes elementos constructivos portantes y de cerramiento, son las características del comportamiento de resistencia al fuego, según la Norma UNE-EN 13501-2, por la que se establece la clasificación de los elementos constructivos en función de su comportamiento al fuego [16]. Originalmente, y según la Norma UNE 23093, Ensayos de

Resistencia al fuego [17] ya derogada, se clasificaba este comportamiento con las siglas RF seguidas de un número (por ej RF-60). Las siglas RF hacían referencia a las capacidades de un elemento constructivo de garantizar [15]:

- La capacidad portante.
- Ausencia de emisión de gases inflamables por la cara no expuesta al fuego.
- Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- Resistencia térmica suficiente para evitar que se produzcan elevadas temperaturas en la cara no expuesta al fuego.

Por otro lado, el número que seguía después es el tiempo en minutos que el material es capaz de mantener estas características sin alteración alguna.

Con la entrada en vigor del Real Decreto [12] y por ende la Norma [16], se establece una nomenclatura diferente con unas nuevas características de comportamiento de los materiales:

- Capacidad Portante R: Capacidad del elemento constructivo portante de soportar, durante un periodo de tiempo y sin perder la estabilidad estructural, la exposición al fuego y mantener la estabilidad estructural.
- Integridad E: Capacidad de un elemento constructivo con función separadora (cerramiento), de soportar la acción del fuego en una de sus caras sin que exista transmisión a la cara no expuesta de llamas o gases calientes, que puedan producir la ignición de los materiales situados en el lado de la cara no expuesta.
- Aislamiento I: capacidad de un material con función separadora, de aguantar la exposición al fuego por una de sus caras, sin que haya transmisión de calor significativa a la cara no expuesta al fuego. Esta transmisión debe limitar de forma que no se produzca la ignición de los materiales presentes en la cara no expuesta.
- Radiación W: Capacidad de un elemento constructivo con función separadora, de aguantar la exposición en una de sus caras al fuego sin que se produzca transmisión del fuego debido a la radiación.
- Acción mecánica M: Capacidad de un elemento constructivo portante de soportar impactos durante un incendio sin que se produzca un fallo estructural de este.
- Cierre automático C: Habilidad de una puerta o de un cierre de un hueco para cerrarse automáticamente y así evitar la propagación del incendio.
- Estanqueidad ante el humo S: Aptitud de un elemento constructivo con función separadora de evitar el paso de gases o humo de un lado a otro.
- Resistencia al fuego de hollín G: Aplicable a chimeneas, capacidad de estas para evitar que los materiales adyacentes no superen una temperatura mayor de 100°C cuando la temperatura ambiente sea de 20°C

La nomenclatura aplicable es una combinación de letras, que dependerá de la función a desarrollar por el material, seguida de un número que expresa el tiempo en minutos que es capaz de mantener estas cualidades.

Una vez explicadas las diferentes clases de materiales en función de su comportamiento al fuego, dependiendo de donde vayan a ser usados, se les exigirá una clase mínima que es la expuesta a continuación teniendo en cuenta las dos normativas anteriormente referenciadas:

- Productos de revestimientos o acabados superficiales:
 - o Suelos: C_{fi}-s1 (M2)
 - o Paredes y techos: C-s3-d0 (M2)
 - o Lucernarios no continuos: D-s2-d0 (M3)
 - o Lucernarios continuos: B-s2-d0 (M1)
 - o Fachadas exteriores: C-s3-d0 (M2)

- Productos incluidos en paredes y cerramientos:
 - o El conjunto deberá ser como mínimo EI 30. Con la excepción de que si se trata de un edificio tipo B o C, bastará con que sean clase D-s3-d0 (M3).
- Productos situados en falsos techos o suelos elevados:
 - o Clase mínima de B-s3-d0 (M1).
- Productos pétreos, cerámicos, metálicos, vidrios, morteros, hormigones y yesos:
 - o A1 (M0)

Por otro lado, todos los materiales de construcción usados en la construcción de un establecimiento industrial deben disponer de Marcado CE desde la entrada en vigor del Real Decreto 312/2005, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego [18].

CAPÍTULO 2.2.4: ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Todo material que constituya un elemento constructivo se le exigirá, durante un tiempo mínimo determinado, la capacidad de mantener la estabilidad mecánica (o capacidad portante).

Esta duración mínima dependerá de la situación de este material, del riesgo intrínseco y tipo de edificio industrial, y de la finalidad de ese material o elemento.

CAPÍTULO 2.2.4.1: ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES Y ESCALERAS DE EVACUACION

Todos los elementos que desarrollen una función portante, así como las escaleras que sean recorrido de evacuación interiores, deberán tener una resistencia al fuego superior a lo establecido en la Tabla 8 que indica para cada tipo de edificio en función del nivel de riesgo intrínseco los requerimientos mínimos necesarios

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta Sótano	Planta Sobre Rasante	Planta Sótano	Planta Sobre Rasante	Planta Sótano	Planta Sobre Rasante
BAJO	R-120	R-90	R-90	R-60	R-60	R-30
MEDIO	NO ADMITIDO	R-120	R-120	R-90	R-90	R-60
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R-180	R-120	R-120	R-90

Tabla 8: Estabilidad al fuego de los elementos portantes

CAPÍTULO 2.2.4.2: ESTRUCTURA PRINCIPAL DE CUBIERTAS LIGERAS Y SUS SOPORTES

Para la estructura principal de aquellas cubiertas que sean ligeras y de sus soportes, siempre y cuando sean en plantas sobre rasante, y no estén diseñadas para ser utilizadas como rutas de evacuación de los ocupantes, será de aplicación los valores de la Tabla 9; siempre y cuando se justifique que el fallo de estos elementos no pueda ocasionar daños graves en los edificios o establecimientos cercanos ni comprometan la estabilidad de plantas inferiores.

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO	TIPO B	TIPO C
	Sobre Rasante	Sobre Rasante
BAJO	R-15	NO SE EXIGE
MEDIO	R-30	R-15
ALTO	R-60	R-30

Tabla 9: Estabilidad al fuego de cubiertas ligeras y sus soportes

CAPÍTULO 2.2.4.3: ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EDIFICIOS DE UNA SOLA PLANTA Y CUBIERTA LIGERA

Si se da la situación de tener un edificio con una sola planta que disponga de cubierta ligera, y que, además, toda su superficie esté cubierta por rociadores automáticos y un sistema de evacuación de humos, los valores deberán ser superiores a los indicados en la Tabla 10

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO	EDIFICIO DE UNA SOLA PLANTA		
	TIPO A	TIPO B	TIPO C
BAJO	R-60	NO SE EXIGE	NO SE EXIGE
MEDIO	R-90	R-15	NO SE EXIGE
ALTO	NO ADMITIDO	R-30	R-15

Tabla 10: Estabilidad al fuego de elementos portante en edificios de una sola planta

CAPÍTULO 2.2.4.4: JUSTIFICACION DE ESTABILIDAD AL FUEGO DE UN ELEMENTO

Para acreditar que un elemento cumple con el valor de estabilidad al fuego que se le exige, existen diferentes formas de comprobarlo que se detallan a continuación:

- Contrastando con los valores fijados en el apéndice 1 de la Norma Básica de Edificación: condiciones de protección contra incendios [3].
- Mediante marca de conformidad con Normas UNE o certificado de conformidad a través de ensayos.
- Aplicando métodos de cálculo teórico-experimental de reconocido prestigio.

CAPÍTULO 2.2.5: ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO

CAPÍTULO 2.2.5.1: ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DELIMITADORES ENTRE SECTORES DE INCENDIOS Y ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Todo elemento que tenga una función de cerramiento entre sectores de incendios o establecimientos industriales deberá mantener, durante el tiempo que se determine las siguientes características:

- Capacidad portante R

- Integridad E
- Aislamiento I

Este tiempo dependerá de la situación del elemento, del riesgo intrínseco y del tipo de edificio, y vienen determinados en la Tabla 11:

		TIPO A		TIPO B		TIPO C
		Entre Sectores	Entre Establecimientos	Entre Sectores	Entre Establecimientos	Entre Sectores
BAJO	Sobre Rasante	EI-REI-90	EI-REI-120	EI-REI-60	EI-REI-120	EI-REI-60
	Bajo Rasante	EI-REI-120	-	EI-REI-90	-	EI-REI-60
MEDIO	Sobre Rasante	EI-REI-120	EI-REI-180	EI-REI-90	EI-REI-180	EI-REI-60
	Bajo Rasante	NO PERMITIDO	-	EI-REI-120	-	EI-REI-90
ALTO	Sobre Rasante	NO PERMITIDO	NO PERMITIDO	EI-REI-120	EI-REI-240	EI-REI-90
	Bajo Rasante	NO PERMITIDO	-	EI-REI-180	-	EI-REI-120

Tabla 11: Estabilidad al fuego de elementos de cerramiento

Como aclaración decir que, cuando hablamos de un elemento de cerramiento sin función portante, se usara la nomenclatura EI-tiempo; mientras que si el elemento tiene función portante se utilizará la nomenclatura REI-tiempo.

CAPÍTULO 2.2.5.1.1: ELEMENTOS DELIMITADORES QUE ACOMETAN A UNA FACHADA O CUBIERTA

Cuando se dé el caso de que una medianería, forjado, pared o elemento que compartimente sectores de incendio, acometa a una fachada o cubierta, la resistencia al fuego de esta será, al menos, igual a la mitad exigida a aquel elemento constructivo.

Esta franja delimitadora deberá tener, al menos, 1m de anchura, el cual puede estar distribuida como se quiera entre los dos sectores o edificios. La función de esta franja es evitar que las llamas pasen de un sector/edificio a otro.

Para los casos en la que la acometida sea a cubierta, esta franja podrá situarse de diferentes formas:

- Integrada en la propia cubierta, siempre y cuando haya justificación de la permanencia de dicha franja tras el colapso de la cubierta no resistente o portante.
- Fijada a la estructura de la cubierta, siempre que se justifique que esta tenga como mínimo la misma estabilidad al fuego que aquella exigida a la franja.
- Formando una barrera de 1 m, situada por debajo de la cubierta fijada a la medianería como mínimo a 40 cm de ella; y siempre justificando la resistencia (Figura 5)

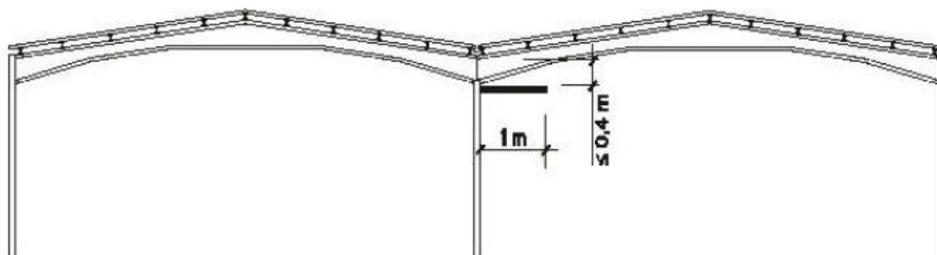


Figura 5: Franja en acometida a cubierta

CAPÍTULO 2.2.5.2: ELEMENTOS DELIMITADORES ENTRE SECTORES O EDIFICIOS. VENTANAS, HUECOS, PUERTAS.

Cuando en una cubierta haya presentes ventanas, huecos o lucernarios que pertenezcan a sectores de incendio diferentes, y la distancia vertical entre ellos sea menor de 5m, la distancia mínima entre estas, medida en proyección horizontal, será de 2,5 m.

Las puertas de paso entre sectores de incendio deberán justificar una resistencia al fuego que sea como mínimo la mitad a la exigida al elemento que separe ambos sectores de incendio. Si hay un vestíbulo previo entre ambos sectores, la resistencia será la cuarta parte.

Cuando un hueco, ya sea vertical u horizontal, comunique el sector de incendios con el exterior, debe estar sellados y hechos de un material que

justifiquen que, como mínimo, tenga la mitad de la resistencia al fuego del elemento de cerramiento del sector de incendios.

Para acreditar que un elemento delimitador cumple con el valor de estabilidad al fuego que se le exige, existen diferentes formas:

- Contrastando con los valores fijados en el apéndice 1 de la Norma Básica de Edificación: condiciones de protección contra incendios [3].
- Mediante marca de conformidad con Normas UNE o certificado de conformidad a través de ensayos.

CAPÍTULO 2.2.6: EVACUACION DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Para determinar qué exigencias deben cumplir los establecimientos industriales en materia de evacuación se determinará su ocupación P. Esto se hace a través de una serie de expresiones que exponemos a continuación (Ecuaciones 4) que dependen del número de personas que ocupa el sector de incendios (p) de acuerdo con la documentación laboral legalizada en función de la actividad que se desarrolle.

$$P = 1,10 * p \rightarrow \text{Cuando } p < 100$$

$$P = 110 + 1,05 * (p - 100) \rightarrow \text{Cuando } 100 < p < 200$$

$$P = 215 + 1,03 * (p - 200) \rightarrow \text{Cuando } 200 < p < 500$$

$$P = 524 + 1,01 * (p - 500) \rightarrow \text{Cuando } 500 < p$$

Ecuaciones 4: Fórmulas de cálculo de ocupación P

Cuando se obtengan números con decimales, siempre se redondeará al número inmediatamente superior.

La finalidad de estas fórmulas es aplicar un factor de seguridad a la ocupación real del edificio.

A continuación, se expondrán las condiciones de evacuación que deben satisfacer cada una de las tipologías de edificio definidas.

CAPÍTULO 2.2.6.1: EVACUACION EN EDIFICIO TIPO A

Si se da el caso de que en un edificio tipo A coexistan actividades industriales y no industriales, la evacuación de todos los espacios que se realice a través de espacios comunes, deberán satisfacer las exigencias del CTE-DB-SI [6].

En caso de que la evacuación del establecimiento industrial transcurra por elementos comunes, el acceso a estos deberá disponer de un vestíbulo propio.

Por otro lado, si la ocupación P del establecimiento es superior a 50 personas, este deberá disponer de una salida independiente al resto del edificio.

CAPÍTULO 2.2.6.2: EVACUACION EN EDIFICIO TIPO B Y C

Este tipo de establecimientos deberá satisfacer una serie de condiciones establecidas en diferentes artículos, anejos y tablas del CTE-DB-SI [6].

CAPÍTULO 2.2.6.2.1: ELEMENTOS DE EVACUACION

Dentro de esta sección quedaran definidos, según en Anejo SI A [6]:

- Orígenes de evacuación.
- Recorridos de evacuación.
- Altura de evacuación.
- Rampas.
- Ascensores.
- Escaleras mecánicas.
- Salidas.
-

CAPÍTULO 2.2.6.2.2: NÚMERO Y DISPOSICION DE SALIDAS

Además de cumplir con lo estipulado en el capítulo anterior, deberán cumplir lo expuesto en la tabla 3.1 (Tabla 12) del apartado 3, de la sección SI 3 [6]

LONGITUD DEL RECORRIDO DE EVACUACION EN FUNCION DEL N° DE SALIDAS		
RIESGO	1 SALIDA, RECORRIDO ÚNICO	2 SALIDAS ALTERNATIVAS
Bajo(*)	35 m (**)	50 m
Medio	25 m (***)	50 m
Alto	NO ADMITIDO	25 m

Tabla 12: Longitudes de recorridos de salida

(*) para actividades clasificadas como Riesgo Bajo 1, en las que todos los materiales sean de clase A y los productos de construcción sean también de clase A, esta distancia podrá aumentarse a 100 m.

(**) Si la ocupación P es menor de 25 personas, podrá aumentarse a 50 m.

(***) Si la ocupación P es menor de 25 personas, podrá aumentarse a 35 m.

CAPÍTULO 2.2.6.2.3: DISPOSICIÓN DE ESCALERAS Y APARATOS ELEVADORES

En este caso, las escaleras de evacuación descendente deberán ser protegidas, según la definición de escalera protegida en el apartado 8 [6] cuando se superen las siguientes distancias en función del riesgo:

- Riesgo Alto: 10 m
- Riesgo Medio: 15 m
- Riesgo Bajo: 20 m

Cuando se trate de aparatos elevadores destinados a la evacuación, estos deberán disponer de una estructura firme distinta a la del establecimiento industrial, con una resistencia al fuego suficiente para aguantar durante el tiempo de evacuación del edificio.

CAPÍTULO 2.2.6.2.4: DIMENSIONADO DE SALIDAS, PASILLOS Y ESCALERAS

Deberán cumplir con lo expuesto en el apartado 4 de la sección SI 3 [6]. Como resumen se puede decir que la anchura, altura (tanto ascendente como descendente) a la que pueden dar servicio y personas a las que pueden dar salida depende de la ocupación P del sector en el que se esté trabajando, siempre teniendo en cuenta unas dimensiones mínimas. Como ejemplo, la anchura de puertas y pasos se dimensiona con la Ecuación 5.

$$A \geq P/200 \geq 0,80m$$

Ecuación 5: Fórmula para el dimensionado del ancho de puertas y pasos.

Donde la A hace referencia al ancho de la puerta o paso, y que según la Ecuación 5, tiene que ser igual o mayor a la ocupación P entre 200, pero siempre siendo mayor de 0,8m.

CAPÍTULO 2.2.6.2.5: CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONADO DE LAS PUERTAS EN RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Salvo las puertas de cámaras frigoríficas, todas las puertas situadas en recorridos de evacuación deberán cumplir con lo establecido en el apartado 6 de la sección SI 3 [6].

Las exigencias más importantes que deben cumplir aquellas puertas que den salida a más de 50 personas son:

- Abatibles con eje de giro vertical (en caso de ser correderas deberán cumplir otra serie de requisitos de fácil maniobrabilidad).
- Abrir en el sentido de la evacuación
- Sistema de apertura simple y sin llave.

CAPÍTULO 2.2.6.2.6: CONDICIONES DE LOS PASILLOS Y ESCALERAS PROTEGIDAS Y SUS VESTIBULOS PREVIOS

Estos elementos deberán cumplir con lo exigido en el Anejo SI A [6].

Los pasillos protegidos deberán constituir un espacio lo suficiente seguro como para permitir a los ocupantes permanecer en el durante un tiempo. Deberán disponer de ventilación suficiente y su trazado debe ser continuo hasta un sector de riesgo mínimo, escalera protegida o salida del edificio.

Las escaleras protegidas deben disponer de un trazado continuo desde su comienzo hasta una salida del edificio o un espacio lo suficientemente seguro en caso de incendio. Estas escaleras estarán únicamente destinadas a la circulación de personas y deberán estar separadas del edificio contiguo mediante elementos separados con una EI 120.

Los vestíbulos previos o de independencia serán usados exclusivamente para la circulación, uniendo dos o más recintos de evacuación de forma más fiable. Deberán estar compartimentados con elementos EI 120.

CAPÍTULO 2.2.6.2.7: SEÑALIZACION E ILUMINACION DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACION

Estos recorridos deberán cumplir con lo establecido en el apartado 7 de la sección SI 3 [6].

Las señales de evacuación deberán cumplir con lo estable en la Norma UNE 23034:1998, Seguridad contra incendios, señalización de seguridad, vías de evacuación [19]:

- Señales colocadas en lugares visibles indicando la dirección de evacuación.
- Señalizar aquellas puertas que no tengan salida.
- Deberán ser fotoluminiscentes.

CAPÍTULO 2.2.6.3: EVACUACION DE LOS ESTABLECIMIENTOS TIPO D Y E

Estos establecimientos deberán cumplir las siguientes exigencias:

- El ancho de la franja perimetral será igual o mayor que la altura de la pila, y como mínimo 5 m.
- Anchura de los caminos de acceso de emergencia: 4,5 m.
- Separación máxima entre caminos de emergencia: 65 m.
- Anchura mínima de los pasillos entre las pilas: 1,5 m.

En este caso hablamos de “pilas”, y hace referencia a los materiales almacenados y apilados unos encima de otros.

CAPÍTULO 2.2.7: VENTILACION Y ELIMINACION DE HUMOS Y GASES DE COMBUSTIÓN

La ventilación en caso de incendio juega un papel muy importante, ya que, dado el caso, con una buena ventilación de los gases y humos se puede asegurar una mejor evacuación de los ocupantes del establecimiento industrial, así como la una extinción más rápida de este por parte de los bomberos. Todo esto debido a que se dispondría de una mayor visibilidad y menor riesgo de intoxicación por los gases y humos.

Los establecimientos que deberán disponer de sistema de evacuación de humos son los siguientes:

- Sectores con actividades de producción:
 - o Riesgo medio y superficie construida $\geq 2000 \text{ m}^2$
 - o Riesgo alto y superficie construida $\geq 1000 \text{ m}^2$
- Sectores con actividades de almacenamiento
 - o Riesgo medio y superficie construida $\geq 1000 \text{ m}^2$
 - o Riesgo alto y superficie construida $\geq 800 \text{ m}^2$

En caso de que las superficies sean menores, se exigirá un mínimo de superficie aerodinámica, cuando se den una serie de condiciones. Esta superficie aerodinámica se define a la resultante de multiplicar la superficie neta de hueco en la cubierta o tabique por un coeficiente de descarga determinado por el fabricante; este factor siempre será menor de 1, y se debe a las pérdidas que tiene el sistema de evacuación de humos. Las condiciones son:

- Sectores con actividades de producción:

- Situados en planta bajo rasante con riesgo medio o alto, y deberán disponer de una superficie aerodinámica mínima de 0,5 m²/ 150 m².
- Situadas en cualquier planta sobre rasante, y deberán disponer de una superficie aerodinámica mínima de 0,5 m² / 200 m².
- Sectores con actividades de almacenamiento:
 - Situados en planta bajo rasante con riesgo medio o alto, y deberán disponer de una superficie aerodinámica mínima de 0,5 m²/ 100 m².
 - Situadas en cualquier planta sobre rasante, y deberán disponer de una superficie aerodinámica mínima de 0,5 m² / 150 m².

La ventilación será natural a no ser que la situación del sector lo impida. Dichos huecos se deberán disponer de forma uniformemente repartidos en la parte alta, y estos deberán ser practicables de forma automática o manual.

CAPÍTULO 2.2.8: ALMACENAMIENTOS

Cuando se habla de almacenamientos se hace referencia a aquellos sistemas para almacenar cualquier tipo de sustancia, material u objetos varios, en estanterías metálicas.

CAPÍTULO 2.2.8.1: TIPOS

Estas estanterías se pueden clasificar en autoportantes o independientes; y que en ambos casos pueden ser automáticas o manuales:

- Sistemas autoportantes: soportan, a mayores de la mercancía almacenada, total o parcialmente, los cerramientos de fachada y cubierta, actuando como una estructura de cubierta.
- Sistemas independientes: únicamente soportan la mercancía almacenada, siendo independientes de la estructura de la cubierta y, además, elementos desmontables.
- Sistemas automáticos: el movimiento de las unidades de carga se realiza a través de una operativa automática, sin presencia de personal presente.
- Sistema manual: las unidades de carga se mueven mediante operativa manual, ya bien sea de personas o a través de maquinaria operada por personas.

CAPÍTULO 2.2.8.2: REQUISITOS CONSTRUCTIVOS GENERALES

- Los materiales de la estructura, tales como los bastidores, largueros, cerchas, vigas y demás elementos, deben ser de acero de clase A1.
- Aquellos que dispongan de un revestimiento pintado, de material no inflamable debidamente acreditado y con espesor inferior a 100 μ , el material del que están hechos deberá ser, como mínimo, clase B-s3-d0.
- Los que dispongan de un revestimiento zincado inferior a 100 μ , el material debe ser como mínimo B-s3-d0.
- A mayores de esto, la estructura principal de los sistemas autoportantes deberá disponer de una resistencia al fuego mínima exigida que se detalla a continuación en la (Tabla 13):

	SISTEMA DE ALMACENAJE AUTOPORTANTE MANUAL O AUTOMATICO					
	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Rociadores automáticos		Rociadores automáticos		Rociadores automáticos	
	NO	SI	NO	SI	NO	SI
R. BAJO	R-15	No se exige	No se exige	No se exige	No se exige	No se exige
R.MEDIO	R-30	R-15	R-15	No se exige	No se exige	No se exige
R. ALTO	No permitido	No permitido	R-30	R-15	R-15	No se exige

Tabla 13: Resistencia al fuego de sistema autoportante

- La evacuación en establecimientos industriales que dispongan de almacenamientos manuales o automáticos, deberán cumplir lo expuesto en el capítulo 2.2.6 con la excepción de que si es un almacenamiento operado automáticamente solo lo deberán cumplir las zonas en las que pueda existir presencia de personas.

CAPÍTULO 2.2.8.3: REQUISITOS A CUMPLIR EN SISTEMAS MANUALES

- En caso de que la instalación disponga de rociadores automáticos, se deben respetar las distancias entre estos y el almacenamiento para asegurar un buen funcionamiento del sistema de extinción.
- Las dimensiones de las estanterías vendrán limitadas de acuerdo al sistema de almacenaje usado según la Norma UNE 58011-2004, Almacenaje en estanterías metálicas; Clasificaciones, Definiciones, Terminología [20], aunque esta norma fue derogada en 2011 por la Norma UNE-EN 15787-2011, Sistemas de almacenamiento en estanterías metálicas. Términos y definiciones [21].
- Los pasos longitudinales entre estanterías y recorridos deberán tener, como mínimo, una anchura libre de un metro.

- Los pasos transversales entre estanterías deberán estar, como máximo, a 10 metros si es almacenaje manual y 20 metros si es automático. Si la ocupación del almacén es inferior a 25 personas, estas distancias se podrán duplicar.

CAPÍTULO 2.2.8.4: REQUISITOS A CUMPLIR EN SISTEMAS AUTOMÁTICOS

A mayores de los citados en el punto anterior, los sistemas de almacenaje automáticos deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Estar anclados firmemente al suelo.
- Disponer de toma de tierra.
- La distancia mínima entre la mercancía almacenada y el techo deberá ser de 1 metro.
-

CAPÍTULO 2.2.9: INSTALACIONES TÉCNICAS PRESENTES EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Las instalaciones presentes en un establecimiento industrial deberán cumplir los requisitos que se establezcan en los reglamentos vigentes que los afecten específicamente; algunas de esas instalaciones son:

- Eléctricas: Generación, distribución, cesión, consumo, etc.
- Térmicas procedentes de combustibles sólidos: Almacenamiento, distribución, consumo, etc.
- Empleo de energía mecánica: Generación, distribución, consumo y aire comprimido.
- Movimiento y elevación de materiales

Cuando haya cables eléctricos que alimenten a equipos que deban seguir funcionando en caso de incendio, estos deberán tener la misma resistencia al fuego (tiempo) que la exigida a la estructura.

CAPÍTULO 2.2.10: RIESGO FORESTAL

La ubicación de un establecimiento industrial colindante con una masa forestal supone un doble peligro; en caso de que el fuego proceda de la masa forestal y pueda dañar el establecimiento, y en caso de que este se produzca en el establecimiento y este origine un incendio forestal.

Dichos establecimientos colindantes a un bosque deberán disponer de dos vías de acceso alternativas, cumpliendo con lo establecido en el capítulo 2.2.1.1.2.

En caso de que esto no sea posible, la única entrada deberá disponer de un acceso terminado en forma de fondo de saco, con un radio mínimo de 12,5 metros.

Cuando estos establecimientos sean de riesgo medio o alto, se deberá disponer de una franja perimetral de 25 metros de anchura, y esta se deberá encontrar libre de vegetación baja y arbustiva, así como la masa forestal esclarecida y ramas bajas podadas.

Si se da el caso de que está situado en un lugar con fuerte viento, esta distancia se deberá duplicar, al menos en las direcciones predominantes del viento. Según la escala de Beaufort, es considerado viento fuerte aquel de Fuerza 7 (51-61 km/h).

CAPÍTULO 2.3: REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

En este capítulo hablaremos de los diferentes sistemas de protección contra incendios que se deberán instalar, y que van a depender de la tipología del establecimiento donde se encuentre el sector de incendio, su nivel de riesgo intrínseco y la superficie de este.

Estos sistemas de protección también denominados “protección activa” tienen como función la detección, control y extinción de un incendio, a través de una lucha directa contra este, para poder facilitar la evacuación del establecimiento.

CAPÍTULO 2.3.1: REGLAMENTACION

Todos los equipos, aparatos, componentes y sistemas de dichas instalaciones de protección contra incendios, así como su diseño, ejecución, puesta en funcionamiento y su mantenimiento, deberán cumplir con lo establecido en el RIPCI [2] y RIPCI [5], en función de su fecha de puesta en servicio.

De la misma forma, todas las empresas instaladores y mantenedoras de las citadas instalaciones deberán cumplir con los requisitos establecidos en el RIPCI [2] y RIPCI [5]

Los equipos que sean necesarios instalar en un establecimiento industrial serán función del riesgo intrínseco sector. De forma que, si un establecimiento está catalogado con riesgo medio, no significa que los requisitos de los sistemas contra incendios de todos los sectores se configuren de acuerdo a ese riesgo, si no que, a cada sector se le exigirán los sistemas en función de su propio riesgo intrínseco.

Por otro lado, todos los elementos de los sistemas de protección deben disponer de Marcado CE desde la entrada en vigor del Real Decreto 312/2005, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego [18].

CAPÍTULO 2.3.2: EQUIPOS Y SISTEMAS CONTRA INCENDIOS

A continuación, se explicarán los diferentes tipos de sistemas de protección contra incendios que se podrán instalar en un establecimiento industrial, con sus requisitos, normas y condiciones

CAPÍTULO 2.3.2.1: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIO

Se define como sistema que detecta de forma autónoma en el tiempo más corto posible un incendio, emitiendo señales de alarma y sonido para una correcta localización del incendio y evacuación del establecimiento. Esta señal acústica u opticoacústica deberá superar en todo momento los 60 dB (A).

Los sistemas de detección automática están regulados según la norma UNE 23007-14, Sistemas de detección y alarma de incendios; planificación, diseño,

instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento [22] y sus diferentes versiones según el año.

Los principales componentes de un sistema automático de detección son los detectores, el cableado, una central de incendios receptora y la alarma acústica.

Dentro de los detectores podemos encontrar varios tipos en función de su accionamiento

CAPÍTULO 2.3.2.1.1: DETECTORES OPTICOS O DE HUMO

Estos detectores son accionados en presencia de partículas en suspensión en el aire (humo). En su interior se encuentra un emisor y un receptor de infrarrojos, cada uno en una dirección distinta. Cuando estas partículas entran dentro del detector, desvían el haz infrarrojo del emisor, haciéndolo llegar al receptor, momento en el que el detector envía una señal a la central. [23](Figura 6)

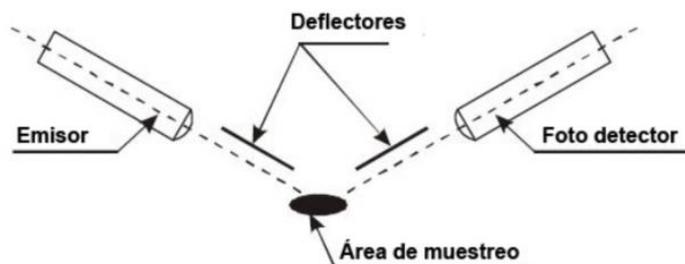


Figura 6: Funcionamiento de detector óptico

Estos detectores son muy sensibles, de forma que no es recomendable instalarlos en lugares en los que haya mucho polvo, o estén expuestos a la intemperie.

CAPÍTULO 2.3.2.1.2: DETECTORES DE CALOR O TÉRMICOS

Como su nombre indica, estos detectores son sensibles a la temperatura, y encontramos dos tipos en función de su activación ante el incendio.

- Termovelocímetros: estos detectores son activados cuando la variación de temperatura por minuto ronda los 6,7-8,3°C. Estos detectores están desaconsejados cuando se sitúan en ambientes que, por diferentes

motivos, pueden sufrir variaciones de temperatura repentinas, son los adecuados para lugares con una temperatura más estable. [24]

- Temperatura fija: estos detectores envían una señal de alarma cuando se llega a una temperatura fijada, normalmente esta temperatura está fijada alrededor de los 58°C. Son los indicados en situaciones donde se pueden dar cambios bruscos de temperatura. [24]

CAPÍTULO 2.3.2.1.3: DETECTORES DE LLAMA

Estos detectores son activados a través de la radiación emitida por un fuego, y puede ser ultravioleta o infrarroja. Pueden detectar un incendio con llama con mucha más rapidez que los anteriormente citados. Debido a que detectan la radiación, no es necesario colocarles en el techo, como es el caso de los dos anteriores.

Se deberá instalar un sistema automático de incendio en aquellos sectores que superen las áreas citadas en la siguiente tabla (Tabla 14) teniendo en cuenta su función, esto es dependiendo de si las actividades desarrolladas en el sector son de almacenamiento o de producción.

	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Act. Almacen.	Act. Producc.	Act. Almacen.	Act. Producc.	Act. Almacen.	Act. Producc.
R. BAJO	≥150 m ²	≥300 m ²	No obligatorio	No obligatorio	No obligatorio	No obligatorio
R. MEDIO	≥150 m ²	≥300 m ²	≥1000 m ²	≥2000 m ²	≥1500 m ²	≥3000 m ²
R. ALTO	No permitido	No permitido	≥500 m ²	≥1000 m ²	≥800 m ²	≥2000 m ²

Tabla 14: Superficies mínimas que requiere de detección automática

NOTA: cuando sea exigido la instalación de detectores y el tipo elegido sea detectores térmicos, se podrá sustituir la instalación por rociadores automáticos de agua.

CAPÍTULO 2.3.2.2: SISTEMAS MANUALES DE ALARMA

Comúnmente conocidos como pulsadores de alarma, estos elementos transmiten una señal a la central de incendios si son activados de forma manual, y que esta activará una alarma acústica. Esta señal acústica u opticoacústica deberá superar en todo momento los 60 dB (A).

Se deberán instalar pulsadores manuales cuando se superen las áreas citadas en la Tabla 15, según la actividad desarrollada en el sector:

	PRODUCCION	ALMACENAMIENTO
SUPERFICIE	1000 m ²	800 m ²

Tabla 15: Área a superar para instalar pulsadores

Los sistemas manuales de alarma están regulados según la norma UNE 23007-14, Sistemas de detección y alarma de incendios; planificación, diseño, instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento [22] y sus diferentes versiones según el año.

En caso de que según lo expuesto anteriormente no sea necesaria la instalación de un sistema de detección automática, será obligatoria la instalación de un sistema manual de alarma.

Cuando sea necesario este sistema, siempre se situará un pulsador en cada salida de evacuación del sector de incendios, y en el resto de la instalación de forma que en ningún momento la distancia a recorrer hasta el pulsador más cercano supere los 25 m.

CAPÍTULO 2.3.2.3: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA

Es importante destacar que este sistema no es el mismo que la alarma de incendios ya integrada en el sistema de detección automática. Este sistema es necesario cuando el establecimiento industrial tiene una superficie superior a 10.000 m².

La señal diferenciada de la integrada en el sistema de detección automática, permitirá transmitir señales diferenciadas (voz, órdenes...) generadas manual o automáticamente desde un puesto de control.

Esta señal deberá ser en todo caso audible en todos los sectores y áreas del establecimiento. En caso de que esté situada en un ambiente cuyo nivel ruido supere los 60 dB (A), deberá ser claramente reconocible además de ser visible en todos los sectores y áreas de incendio.

Independientemente del tipo de alarma, ambas deberán superar los 60 dB (A) en todo momento.

CAPÍTULO 2.3.2.4: EXTINTORES DE INCENDIOS

Este elemento portátil es un recipiente que contiene agentes extintores a presión, que, elegidos en función del material a extinguir, es usado para apagar el fuego de forma manual por una persona. Se debe proyectar este polvo a la base de las llamas para así sofocar rápidamente el fuego.

Se distinguen cinco tipos de combustibles, o fuegos provocados por cinco clase de combustibles:

- Clase A: combustibles solidos
- Clase B: combustibles líquidos.
- Clase C: combustibles gaseosos
- Clase D: materiales con comportamiento especial ante el fuego.
- Clase F: ingredientes para cocinar tales como aceites y grasas animales o vegetales.

El agente extintor utilizado debe ser seleccionado de acuerdo con el material o situación en la que se va a usar. Los más comunes son los de polvo ABC, hídricos con espuma y CO₂. Los dos primeros se pueden usar indistintamente para combustibles A y B, mientras que el de polvo ABC es el único que puede usarse para combustibles tipo C. En caso de presencia de tensión eléctrica en el fuego se usarán los extintores de CO₂, y se podrán usar los de polvo ABC cuando no se superen los 25.000 V.

Los extintores de polvo ABC están nombrados de la siguiente forma; un numero seguido de la letra A, otro número seguido de la letra B, y la letra C. Este número hace referencia al número de kilos (A) y litros (B) que es capaz de apagar el extintor. En el caso de la C no se le da un valor porque es una capacidad muy complicada de cuantificar.

En el caso de los extintores portátiles de incendio es obligatoria su instalación en todos los sectores de incendio de forma que no se superen 15 metros de distancia máxima a recorrer hasta el extintor más cercano; y deberán situarse de forma que sean accesibles y visibles.

La eficacia mínima que debe tener el extintor en función del riesgo del sector/área de incendios es la siguiente:

- Bajo: 21A
- Medio: 21A
- Alto: 34A

Y en caso de que se superen las siguientes áreas de sector/área de incendios, se deberá añadir un extintor más por cada 200 m² que tenga el sector/área:

- Bajo: 600 m²
- Medio: 400 m²
- Alto: 200 m²

La altura a la que se deben situar depende de cuando hayan sido instalados. Según el RIPCI [2] su parte superior no debe estar por encima de 1,7 m sobre el suelo; mientras que el RIPCI [5] exige que su parte superior debe estar colocada entre 0,8 m y 1,2.

CAPÍTULO 2.3.2.5: SISTEMAS DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE)

Este sistema está compuesto por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de esta y el equipo de boca de incendio necesario. El equipo consta de un armario en el que se almacena una manguera, que, accionada por una llave, expulsa agua para la extinción del incendio.

Principalmente se distinguen dos tipos en función de su diámetro nominal interior:

- Manguera semirrígida o de 25 mm de diámetro.
- Manguera plana o de 45 mm de diámetro

En caso de que el área del sector/área sea igual o mayor que las dispuestas en la Tabla 16, la instalación de BIEs deberá ser obligatoria:

	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
TIPO A	300 m ²	300 m ²	No admitido
TIPO B	No obligatorio	500 m ²	200 m ²
TIPO C	No obligatorio	1000 m ²	500 m ²
TIPO D	No obligatorio	No obligatorio	5000 m ²
TIPO E	No obligatorio	No obligatorio	5000 m ²

Tabla 16: Áreas de instalación de BIEs

Además de cumplir con lo establecido en la Tabla 16, la instalación de BIEs deberá cumplir a mayores con los tiempos mínimos de funcionamiento según la Tabla 17:

NIVEL DEL ESTABLECIMIENTO	TIPO DE BIE A INSTALAR	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMIA
RIESGO BAJO	DN 25 mm	2	60 minutos
RIESGO MEDIO	DN 45 mm	2	60 minutos
RIESGO ALTO	DN 45 mm	3	90 minutos

Tabla 17: Criterios de elección de BIEs

Esta tabla quiere decir que si, por ejemplo, tenemos un establecimiento cuyo nivel de riesgo intrínseco es medio, las BIEs instaladas deberán tener un diámetro de 45 mm y que se asegure el funcionamiento simultáneo de 2 BIEs durante 60 minutos.

En todo momento se debe asegurar que la presión dinámica en la punta de la lanza es como mínimo, 2 bares.

CAPÍTULO 2.3.2.6: SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES

Un hidrante es un sistema parecido a una boca de incendio, pero para uso exclusivo de bomberos o de personal cualificado y que se sitúa en el exterior del establecimiento industrial. Consta de un sistema de abastecimiento de agua, una red de tuberías y los hidrantes, a través de los que sale el agua.

Se deberá instalar un sistema de hidrantes exteriores cuando se igualen o superen las áreas de la Tabla 18, según tipo de establecimiento y su riesgo intrínseco:

	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
TIPO A	≥ 1000 m ² *	≥ 300 m ²	No Permitido
TIPO B	≥ 3.500 m ²	≥ 2.500 m ²	≥ 1000 m ²
TIPO C	No obligatorio	≥ 3.500 m ²	≥ 2.000 m ²
TIPO D	≥ 15.000 m ²	≥ 5.000 m ²	≥ 5.000 m ²
TIPO E	≥ 15.000 m ²	≥ 5.000 m ²	≥ 5.000 m ²

Tabla 18: Áreas de instalación hidrantes

*Cuando el riesgo sea Bajo 1, no será necesaria la instalación del sistema de hidrantes.

El número de hidrantes a instalar se determina haciéndose cumplir las condiciones siguientes:

- No se deberán superar los 40 m de distancia máxima hasta el hidrante de más cercano. Ya que la zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 m, medidos horizontalmente hasta el emplazamiento del hidrante.
- Al menos uno de los hidrantes, preferiblemente el que esté situado en la entrada, deberá disponer de una salida de diámetro 100 mm.
- La distancia, medida perpendicularmente a la fachada, entre el hidrante y el límite del edificio o zona a proteger, deberá ser como mínimo de 5 m.

Cuando se dé una situación en la que, por condiciones de ubicación, la instalación de este sistema no sea posible, esto se deberá justificar de forma razonada y fehaciente.

El caudal mínimo requerido, así como el tiempo de autonomía mínimo de este sistema, viene determinado como se muestran en la Tabla 19, según el tipo de edificio y riesgo intrínseco:

	RIESGO BAJO		RIESGO MEDIO		RIESGO ALTO	
	CAUDAL (L/Min)	AUTON (Min)	CAUDAL (L/Min)	AUTON (Min)	CAUDAL (L/Min)	AUTON (Min)
TIPO A	500	30	1000	60	No Permitido	No permitido
TIPO B	500	30	1000	60	1000	90
TIPO C	500	30	1500	60	2000	90
TIPO D Y E	1000	30	2000	60	3000	90

Tabla 19: Caudales y tiempo de autonomía exigidos a hidrantes

NOTAS:

- Si en un establecimiento con configuraciones tipo C,D o E, existen materiales almacenados combustibles en el exterior, estos valores se deberán aumentar en 500 L/min.
- Cuando los hidrantes estén descargando al caudal indicado en la Tabla 19, la presión en la boca de salida de los hidrantes deberá ser, como mínimo, de 5 bar.
- En caso de que en un establecimiento esté justificada la no instalación de los hidrantes, y exista una red pública de hidrantes próxima, se deberá indicar en el proyecto la situación del hidrante más próximo, así como la presión mínima garantizada.

Los hidrantes pueden ser tipo columna hidrante al exterior (CHE) o hidrante de arqueta.

Los primeros (CHE) cumplirán con lo establecido en las Normas UNE 23405 Y 23406 [25], Normas UNE 23.400 y sus versiones, referentes a los racores de conexión [26], y a las Normas UNE 23.091, referentes a las mangueras [27]; a mayores, a partir del 2006, deberán cumplir también con lo establecido en la Norma UNE-EN 14384:2006, Hidrantes de columna [28].

Por otro lado, los hidrantes de arqueta se registrarán por la Norma UNE 23407, Hidrantes bajo el nivel de tierra [29], y a partir de 2006 por la Norma UNE-EN 14339:2006, Hidrantes contra incendios bajo tierra [30]

CAPÍTULO 2.3.2.7: SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA

Este sistema está compuesto de una red de abastecimiento de agua, red de tuberías y los rociadores. Estos rociadores son unas boquillas con una ampolla de vidrio en su final, que están rellenas de aire y un líquido (Figura 7), y que cuando se alcanzas las temperaturas de la Tabla 20 [31], el líquido hierve haciendo estallar la ampolla y liberando el flujo de agua para extinguir el fuego.



Figura 7: Boquilla de un rociador

TEMPERATURAS DE FUNCIONAMIENTO	
Temperatura nominal de funcionamiento	Color del bulbo
57°C (135°F)	Naranja
68°C (155°F)	Rojo
79°C (175°F)	Amarillo
93°C (200°F)	Verde
141°C (286°F)	Azul

Tabla 20: Tabla de temperaturas de rotura de un rociador

Cuando la superficie del sector/área de incendio sea igual o superior a la indicada en la Tabla 21, se deberá instalar un sistema de rociadores automáticos:

	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Act. Almacén.	Act. Producc.	Act. Almacén.	Act. Producc.	Act. Almacén.	Act. Producc.
R. BAJO	No obligatorio	No obligatorio	No obligatorio	No obligatorio	No obligatorio	No obligatorio
R. MEDIO	≥300 m ²	≥500 m ²	≥1500 m ²	≥2500 m ²	≥2000 m ²	≥3500 m ²
R. ALTO	No permitido	No permitido	≥800 m ²	≥1000 m ²	≥1000 m ²	≥2000 m ²

Tabla 21: Áreas de instalación de rociadores automáticos

El diseño, características e instalación de este sistema viene regulado por la Norma UNE-EN 12845 Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistema de rociadores automáticos, Diseño, instalación y mantenimiento; y sus versiones según el año de puesta en servicio [32].

NOTA: cuando sea necesaria la instalación de un sistema de rociadores automáticos, concurriendo con la de un sistema automático de detección que utilice detectores térmicos, no será obligatorio la instalación del sistema de detección.

CAPÍTULO 2.3.2.8: SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA

Este sistema, bastante similar al sistema de rociadores automáticos, consta de una red de abastecimiento de agua, una red de tuberías y unos orificios por lo que se pulveriza el agua. A diferencia de los rociadores, estos orificios no están tapados, sino que, a través de la detección automática o manual de incendios, se activa un sistema eléctrico o neumático que deja fluir el agua por las tuberías hasta que salga por los orificios. [33]

La finalidad de este sistema es proteger mediante el enfriamiento o como barrera protectora, lugares de riesgo especial contra el fuego; como pueden ser depósitos de materiales químicos o inflamables o centros de transformación. [33]. (Figura 8)



Figura 8: Sistema de agua pulverizada

El diseño, las características, así como la instalación de este sistema viene regulado por las Normas UNE 23501 a 23507, Sistemas fijos de agua pulverizada [34].

CAPÍTULO 2.3.2.9: SISTEMAS DE ESPUMA FISICA

Estos sistemas constan de uno o varios recipientes que contienen un agente espumógeno mezclado con agua, un sistema de abastecimiento de agua una red de tuberías y una serie de boquillas.

El uso de este sistema suele ser en su gran mayoría, para extinguir y controlar fuego originados por combustibles de clase A (sólidos) y B (líquidos inflamables). [35]

El accionamiento de dicho sistema puede ser manual o automático; este último puede ser a través de la conexión del sistema a la detección automática de incendios, o bien que se active cuando se den unas condiciones determinadas de temperatura en el lugar del incendio.

Cuando se acciona el sistema, se libera de los recipientes contenedores la mezcla de agente espumógeno y agua, que en presencia de aire forma una espuma que, cuando cae encima del material inflamado y resto de lugares a proteger, aíslan el fuego y enfrían el entorno para la extinción de este. [36]

La densidad, y por ende las capacidades y mejores aplicaciones de estas espumas depende de la relación entre el agua utilizada y la mezcla final (agua + espumógeno). De forma que, si con 100 litros de agua se consiguen 1000 litros de mezcla, la relación de expansión es 10. Por ello, se distinguen 3 tipos en función de la densidad o relación de expansión (R) [35] [37]:

- Baja Densidad ($R < 20$): En este caso la proporción de agua es mayor creando unas burbujas más pequeñas, siendo la mezcla más líquida, por lo que se desplaza más fácilmente por las superficies. Su uso es óptimo cuando el fuego proviene de líquidos inflamados derramados por superficies. Además, su gran cantidad de agua lo aísla eficazmente y su capacidad enfriadora es muy alta.
- Media Densidad ($20 < R < 200$): Este tipo de espuma se utiliza para lugares cerrados, de gran volumen y difícil acceso. Las burbujas son más grandes, permitiendo que se extiendan por encima del fuego de forma más rápida y así sofocándolo. Debido a que la cantidad de agua sigue siendo relativamente elevada, la capacidad enfriadora sigue siendo notable.
- Alta Densidad ($R > 200$): Esta espuma está compuesta por burbujas más secas llenas de aire debido a su menor proporción de agua. Se usa cuando los fuegos son “tridimensionales”, es decir, ocupan un gran espacio y volumen, y en estos casos se suele inundar el riesgo a proteger. Cuando estas burbujas se rompen crean una microgota que rápidamente se evapora, sofocando y enfriando así el fuego; y debido a

la gran cantidad de espuma este ciclo se repite continuamente. (Figura 9)

Inicialmente estos sistemas estaban regulados por las Normas UNE 23521 a 23526, Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión [38], hasta que en Octubre del 2005 entraron en vigor las Normas UNE-EN 13565-1 y 13565-2, Sistemas fijos de lucha contra incendios, sistemas espumantes [39]; y las Normas UNE-EN 1568-1 a 1568-4, Agentes extintores, concentrados de espuma [40].



Figura 9: Espuma de alta densidad

CAPÍTULO 2.3.2.10: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS

Este sistema, también denominado red de agua contra incendios, tal y como su nombre indica, es el encargado de abastecer en todo momento las condiciones de caudal, presión y reserva necesarias para el correcto funcionamiento de los sistemas de BIEs, hidrantes, rociadores y agua pulverizada que haya sido necesario instalar según el proyecto.

Este abastecimiento puede estar asegurado por:

- La red del servicio público de agua.
- Sistema de bombas instalado de uso exclusivo para el establecimiento industrial.

La elección de uno u otro dependerá de las ya citadas condiciones de caudal, presión y reserva que sean necesarias, ya que, a mayor número de sistemas instalados, mayores serán las necesidades.

De esta forma, cuando en un establecimiento coexistan varios de estos sistemas, las condiciones de caudal y reserva se calcularán teniendo en cuenta la simultaneidad de operación mínima de los equipos:

BIEs + HIDRANTES:

- Edificios solo con plantas a nivel de rasante:
 - o Caudal requerido por hidrantes (Q_h).
 - o Reserva de agua requerida por hidrantes (R_h).
- Edificios con plantas sobre rasante:
 - o Suma de caudales requeridos por hidrantes y BIEs (Q_h+Q_B).
 - o Suma de reserva requerida para hidrantes y BIEs (R_h+R_B).

BIE + ROCIADORES AUTOMÁTICOS:

- Caudal requerido por rociadores automáticos (Q_{RA}).
- Reserva requerida por rociadores automáticos (R_{RA}).

BIE + HIDRANTES + ROCIADORES AUTOMÁTICOS:

- Suma del 50% del caudal requerido por hidrantes y el caudal requerido por rociadores automáticos ($0,5 Q_h + Q_{RA}$).
- Suma del 50% de la reserva requerida para hidrantes y la reserva requerida para rociadores automáticos ($0,5 R_h + R_{RA}$).

HIDRANTES + ROCIADORES AUTOMÁTICOS:

- El caudal mínimo exigido será el necesario para el sistema que requiera el mayor caudal (Q_h ó Q_{RA}).
- La reserva mínima exigida será la necesaria para el sistema que requiera la mayor reserva de agua (R_h ó R_{RA}).

HIDRANTES + AGUA PULVERIZADA

- El caudal mínimo exigido será el necesario para el sistema que requiera el mayor caudal (Q_h ó Q_{AP}).
- La reserva mínima exigida será la necesaria para el sistema que requiera la mayor reserva de agua (R_h ó R_{AP}).

HIDRANTES + ESPUMA

- El caudal mínimo exigido será el necesario para el sistema que requiera el mayor caudal (Q_h ó Q_E).
- La reserva mínima exigida será la necesaria para el sistema que requiera la mayor reserva de agua (R_h ó R_E).

HIDRANTES + AGUA PULVERIZADA + ESPUMA

- Suma de los caudales para agua pulverizada y espuma, y en todo caso, como mínimo, el caudal para hidrantes ($Q_{AP} + Q_E$ ó Q_h).
- Suma de las reservas para agua pulverizada y espuma, y en todo caso, como mínimo, la reserva para hidrantes ($R_{AP} + R_E$ ó R_h).

ROCIADORES AUTOMÁTICOS + AGUA PULVERIZADA:

- El caudal mínimo exigido será el necesario para el sistema que requiera el mayor caudal (Q_{RA} ó Q_{AP}).
- La reserva mínima exigida será la necesaria para el sistema que requiera la mayor reserva de agua (R_{RA} ó R_{AP}).

ROCIADORES AUTOMÁTICOS + ESPUMA:

- El caudal mínimo exigido será el necesario para el sistema que requiera el mayor caudal (Q_{RA} ó Q_E).
- La reserva mínima exigida será la necesaria para el sistema que requiera la mayor reserva de agua (R_{RA} ó R_E).

AGUA PULVERIZADA + ESPUMA:

- Suma de los caudales requeridos para agua pulverizada y espuma ($Q_{AP} + Q_E$).
- Suma de las reservas requeridas para agua pulverizada y espuma ($R_{AP} + R_E$).

La categoría abastecimiento, que indica los requisitos que se deben cumplir, viene determinada según la Norma UNE 23500, Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios [41], y sus versiones según el año de puesta en servicio.

Estas categorías son tres, III, II y I. Cuanto menor es el número, mayores son las exigencias que se deben cumplir. Y para cada categoría, hay una clase de abastecimiento mínima para asegurar que se cumplan las condiciones mínimas exigidas. Estas clases de abastecimiento vienen reguladas también la Norma UNE 23500 [41] y sus diferentes versiones.

De la misma forma, en dicha Norma [41], se detallan todas las condiciones de diseño, instalación y mantenimiento de un sistema de abastecimiento de agua contra incendios.

CAPÍTULO 2.3.2.11: SISTEMAS DE COLUMNA SECA

Un sistema de columna seca consiste en una tubería, que, como su nombre indica, está seca, es decir, no contiene agua en su interior, y que recorre verticalmente el edificio a proteger. Es de uso exclusivo para los bomberos.

Será obligatorio instalar este sistema en aquellos establecimientos industriales cuyo riesgo intrínseco sea medio o alto, y su altura de evacuación sea de 15 m o superior.

Este sistema consta de una toma de agua en la fachada o en una zona fácilmente accesible para el servicio de bomberos y una tubería ascendente de acero galvanizado de diámetro nominal 80 mm, con salidas en las plantas pares hasta la planta octava, y en todas las plantas a partir de esta; cada cuatro plantas se instalará una llave de corte por encima de la salida de agua de dicha planta.

El funcionamiento del sistema es el siguiente; el equipo de bomberos conecta a la toma de fachada un sistema de abastecimiento de agua que llevará el agua hasta la planta deseada, en caso de que la dotación de sistemas contra incendios en establecimiento sea insuficiente para extinguir el incendio.

La toma de fachada deberá estar indicada que es de uso exclusivo para bomberos, disponer de conexión siamesa, llaves y racores de 70 mm con tapa, y llave de purga de 25 mm.

Las salidas en planta deberán disponer de conexión siamesa, llaves y racores de 45 mm con tapa, y estar situadas en recintos de escaleras o en vestíbulos previos a ellas.

Dichas llaves serán de bola con palanca de accionamiento incluida.

Las salidas tanto en planta como la toma en fachada deberán tener el centro situado a 0,9 m de altura sobre el nivel del suelo.

CAPÍTULO 2.3.2.12: SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR POLVO

El método de extinción de este sistema es el mismo que un extintor portátil; un polvo químico que, contenido a presión en un recipiente, es liberado en caso de incendio para la extinción de este. Como se comentó en el capítulo de extintores, este polvo es específico para fuego originados por materiales tipo A y B, sólidos y líquidos, ya que daña los elementos eléctricos y no es muy eficaz en presencia de grandes tensiones.

La principal diferencia con el sistema de extintores portátiles es que este sistema es fijo, y esto se debe a que es utilizado bien, o en grandes superficies como naves o fábricas, o para una zona o habitáculo concreto en el que hay algún elemento muy sensible al fuego que se debe proteger rápidamente y de forma eficaz. [42]

Este sistema consta de las siguientes partes:

- Recipiente de polvo.
- Recipiente de gas propelente.
- Tuberías de distribución.
- Válvulas selectoras (en caso de que un mismo recipiente actúe en diferentes ubicaciones).
- Dispositivos de accionamiento.
- Boquillas de descarga.

El accionamiento del sistema puede ser manual o automático (conectado a la central de incendios), pero siempre debe disponer de mandos de uso manuales.

Estos sistemas solo se pueden usar cuando esté garantizada la seguridad o evacuación del personal que pueda ocupar ese espacio, además de incluir una prealarma con retardo para permitir dicha evacuación.

El diseño y condiciones de instalación de estos sistemas viene regulado por la norma UNE-EN 12416-2, Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción por polvo; [43] y sus versiones en función del año. Los componentes del sistema se regirán por la Norma UNE-EN 12416-1, Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción por polvo [44]. Y el polvo empleado cumplirá con lo establecido en la Norma UNE-EN 615, Protección contra incendios, Agentes extintores, Especificaciones para polvos extintores [45].

CAPÍTULO 2.3.2.13: SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR AGENTES EXTINTORES GASEOSOS

El funcionamiento y elementos de este sistema es exactamente el mismo que el explicado en el anteriormente, sistemas de extinción por polvo. La única diferencia es que el agente extintor en vez de ser un polvo es un gas. Esto se debe a que este sistema es usado cuando el elemento a proteger es eléctrico y tiene tensión, de esta forma no daña los componentes eléctricos.

La instalación dependerá de si hay un riesgo de fuego eléctrico.

Consta de los mismos elementos:

- Recipiente de gas a presión.
- Tuberías de distribución.
- Dispositivos de accionamiento y control.
- Difusores de descarga.

En este caso no se dispone de válvulas selectoras ya que cada recipiente es usado para un habitáculo en concreto.

Los dispositivos de accionamiento podrán ser automáticos por medio de sistemas de detección automática, o por medios de accionamiento manuales, que deberán ser siempre accesibles.

De la misma forma, este sistema solo podrá instalarse cuando se garantice la seguridad o evacuación del personal, disponiendo el sistema de una prealarma y retardo.

Inicialmente, los sistemas de extinción por agentes gaseosos debían cumplir con lo explicado en los párrafos anteriores, hasta que en septiembre de 2009 se redactó la Norma UNE-EN 15004-1, Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción mediante agentes gaseosos, Diseño, instalación y mantenimiento [46], y las normas de la serie 15004, según el agente extintor usado; que establecen los requisitos a cumplir por este tipo de instalaciones.

CAPÍTULO 2.3.2.14: SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Este sistema de iluminación, que es activado en caso de la caída de la iluminación normal del establecimiento, debe estar presente en los siguientes casos:

En las vías de evacuación de los sectores que:

- Estén situados en una planta bajo rasante.
- Estén situados en cualquier planta sobre rasante en caso de que el riesgo del sector sea medio o alto, y la ocupación P sea igual o mayor de 10 personas.
- Siempre que la ocupación P sea mayor de 25 personas.

Se deberá instalar un sistema de alumbrado de emergencia en:

- Aquellos locales donde existan cuadros, centros de control o mandos de instalaciones técnicas del establecimiento o de los procesos que se desarrollen en el establecimiento industrial.
- En aquellos locales donde se hayan instalados equipos o cuadros de control de sistemas de protección contra incendios.

Los requisitos que un sistema de alumbrado de emergencia debe cumplir en todo caso, son los siguientes:

- Deben ser instalaciones fijas, con una fuente propia de energía y que se encenderán automáticamente cuando detecten una caída del 70% de la tensión nominal de servicio.
- Deberá mantener las condiciones de servicio durante al menos, una hora.
- Deberá proporcionar una iluminancia de al menos 1 lx, a nivel de suelo de los recorridos de evacuación.
- En aquellos locales que necesiten de un sistema de alumbrado de emergencia por presencia de cuadros de control, la iluminancia mínima en estos cuadros deberá ser de 5 lx.
- Proporcionará una uniformidad en la iluminación de forma que el cociente entre la iluminancia máxima y mínima no sea mayor de 40.

CAPÍTULO 2.3.2.15: SISTEMAS DE SEALIZACION LUMINESCENTE

Todas las salidas de emergencia, así como los recorridos de evacuación, y la ubicación de todos los sistemas de protección contra incendios manuales, deberán estar señalizadas con señalización luminiscente.

Este sistema deberá proporcionar visiblemente la ubicación de los elementos en caso de fallo en el suministro de alumbrado normal, además del tipo de elemento señalizado.

Esta señalización podrá ser fotoluminiscente o sistemas alimentados eléctricamente, pero de forma que su funcionamiento quede garantizado en todo momento.

La señalización de los sistemas de protección contra incendios deberá regirse por la Norma UNE 23033, Seguridad contra incendios, Señalización de seguridad [47].

Todas las señales fotoluminiscentes (quedan excluidas los sistemas alimentados electrónicamente) deberán cumplir con lo establecido en la Norma UNE 23035, Seguridad contra incendios, Señalización fotoluminiscente [48].

CAPITULO 3: APLICACIÓN A CASO PRÁCTICO

En este capítulo se aplicará todo lo explicado en los capítulos 1 y 2 a una instalación real cuya inspección fue realizada en Enero de 2022, aunque por razones de confidencialidad no será identificada; de la misma forma, las dimensiones y equipos presentes no serán exactamente los mismos para preservar esta confidencialidad.

Previo a la inspección in situ de la instalación, el titular de la instalación deberá aportar una serie de documentación a la OCA (esto es aplicable a todas las inspecciones):

- Titular y CIF.
- Domicilio Social.
- Ubicación de la instalación.
- Actividad industrial llevada a cabo en la instalación.
- Referencia y fecha de Registro Industrial.
- Registros de mantenimiento de las instalaciones de PCI del último año.

Al disponer de esta información, el inspector puede planificar la inspección de mejor manera y más efectiva.

Para poder realizar la inspección de forma correcta deberá asistir un técnico habilitado de la empresa de mantenimiento de los sistemas de PCI que conozca la instalación para poder realizar todas las pruebas pertinentes de los sistemas de acuerdo con la normativa aplicable en cada caso. Por eso es primordial disponer de la documentación antes mencionada; en caso de no disponer documentación para poder fechar la instalación, se aplicará el RIPCI [2] de 1993 para los sistemas de PCI.

CAPITULO 3.1: DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACIÓN

En este caso se dispone de documentación que acredita que la instalación fue construida en 2016, siendo de aplicación el RSCIEI [1] y el RIPCI [2].



FECHA: DICIEMBRE 2016

Figura 10: Recorte del proyecto indicando fecha

En la Figura 10, recorte de la primera página del proyecto, se puede ver en la esquina inferior derecha la fecha de redacción del proyecto. Por razones de confidencialidad he ocultado la dirección exacta de la instalación, dejando solo libre la localidad donde fue construida.

La actividad industrial que toma lugar es el almacenaje y distribución de todo tipo de paquetería. En los dos lados más largos de la nave se disponen de muelles de carga y descarga para los camiones que traen y se llevan la mercancía. La mercancía llega por uno de los lados, se almacena o reorganiza en la parte central y es colocada en el otro lado de la nave para ser cargada en los camiones de envío.

Las dimensiones de la nave son 880 metros de ancho por 90 metros de largo, resultando en 79.200 m², distribuyéndose en 76.800 m² diáfanos donde se realiza la actividad industrial y 2.400 m² de oficinas. Dado que las oficinas superan los 250 m², como se explica en el capítulo 1.1 quedan excluidas de la aplicación del RSCIEI [1] pero dado que superan los 2000 m² para actividades administrativas, es de aplicación el RIPCI [2] a esta zona, por lo que en la parte

de oficinas solo se inspeccionará la parte de protección activa, mientras que, en el resto de la nave, la protección activa y pasiva.

Dado esta situación, se emitirán dos informes, uno de acuerdo al RSCIEI [1] para la parte industrial, y otro conforme al RIPCI [2], pero que en este caso omitiremos ya que no entra dentro del tema de estudio.

Durante la inspección visual y pruebas pertinentes de los sistemas de PCI se tienen que ir rellenando a mano las hojas de toma de datos de SIMECAL [10] con las características de los sistemas y datos obtenidos.

En el anexo 1 se encuentran dichas hojas.

CAPÍTULO 3.2: ANÁLISIS A REALIZAR

Para realizar la inspección completa se realizarán los siguientes análisis de las diferentes partes de la instalación:

- Análisis documental: se usa el formato F.G.01.02.PI-01.
- Análisis de los cálculos de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida del sector/establecimiento industrial: se usa el formato F.G.05.01.PI-01.
- Análisis de los requisitos de la protección activa: se usa el formato F.G.08.02.PI-01.
- Análisis de los requisitos de la protección pasiva se usa el formato F.G.09.01.PI-01.
- Hojas de tomas de datos de mediciones

Todas estas hojas disponen de un recuadro en su parte superior derecha que dice “Nº EXPEDIENTE”, aquí habría que rellenar una codificación específica que se le da a cada inspección en función de la fecha, provincia y materia de inspección, no entraremos a explicar porque no es relevante para el tema.

Durante estos análisis se pueden detectar defectos que se tipifican de la siguiente manera:

- **Defecto leve:** no afecta a la seguridad inmediata o directa de la instalación. Tienen un plazo de subsanación de 12 meses, que serán 6 cuando confluyan con un defecto grave.
- **Defecto grave:** suponen un riesgo para la integridad y seguridad de la instalación y personas en caso de incendio. El plazo de subsanación es de 6 meses.

- **Defecto Muy Grave:** afecta críticamente a la integridad y seguridad de la instalación y personas en caso de incendio. Su plazo de subsanación debe ser inmediato.

Todos estos formatos y hojas de mediciones se rellenan a mano durante la inspección. Hay ocasiones en las que se escribe el dato distinto por error, ó marcar una casilla diferente, en estos casos basta con tachar el dato erróneo y realizar una firma al lado del tachado.

CAPÍTULO 3.3: ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA INSTALACIÓN

Toda instalación, como se ha comentado en el capítulo 1.2, debe disponer de los siguientes documentos, todos ellos firmados por los técnicos competentes en la materia correspondiente y presentados ante el órgano de Industria de la comunidad autónoma:

- Proyecto.
- Certificado de Fin de Obra.
- Certificado de Instalación de los sistemas de protección contra incendios.
- Registro de Industria de la Instalación de Protección contra Incendios.
- Contrato de mantenimiento y revisiones trimestrales de los últimos 5 años.

Tras analizarlo (Formato F.G.01.02.PI-01 del anexo 1) según el capítulo 1 y 2, se detectan los siguientes defectos:

- **No se presenta Registro de Industria de la Instalación de protección contra Incendios:** para la subsanación de este defecto el titular del establecimiento deberá presentar ante el órgano competente en materia de Industria de la CCAA el proyecto, así como el certificado de fin de obra y el certificado de instalación. Aquí se iniciará un proceso para comprobar que todo está correcto y cumple con la normativa para después asignarle o bien un N° de Registro Industrial nuevo (en caso de que no haya ningún otro sistema industrial ya presente y registrado) o se incluirá en el N° de Registro Industrial ya existente el sistema de PCI junto con el resto de instalaciones industriales (Aire comprimido, alta tensión, recipientes a presión, por ej.)
- **No se realizan mantenimientos trimestrales:** según el RIPCI [5] toda instalación de protección contra incendios que disponga de otros elementos a mayores de extintores, deberá ser inspeccionada y mantenida trimestralmente por una empresa de mantenimiento autorizada, y en este caso, este mantenimiento sólo se realizaba

anualmente. Para subsanar este defecto basta con contratar dicho servicio con la empresa de mantenimiento.

- **La configuración del establecimiento industrial según proyecto no coincide con la real:** según el proyecto, el establecimiento está catalogado como tipo B, significando que tiene a menos de 3 metros un establecimiento industrial con diferente titularidad, cuando en la realidad el establecimiento más cercano está a más de 10 metros. En este caso no es un defecto que comprometa la seguridad, ya que el tipo B es incluso más restrictivo es cuanto a requisitos. Para solucionar el defecto no habría más que modificar el proyecto.

CAPÍTULO 3.4: ANÁLISIS DE LOS CALCULOS DE LA DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA DEL SECTOR Y ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL.

En esta parte el inspector visita toda la instalación apuntando todos los materiales almacenados y procesos productivos o de transformación y manipulado de producto, así como el volumen o área que ocupan para después usar las Tablas de Densidad de Carga de Fuego Media de Actividades Industriales según el R.D. 2267/2004 [49] y la Ecuación 1 para sacar la densidad de carga de fuego ponderada y corregida. En este caso como la instalación está constituida por un único sector de incendios se usa el Formato F.G.05.01.PI-01 del anexo 1, Cálculo en función del tipo de proceso y almacenamiento.

Tras realizar los cálculos y analizar el proyecto se detectan los siguientes defectos:

- **No se muestra los cálculos de la densidad de carga de fuego ni el desglose de materiales y procesos o almacenamientos presentes:** para resolver este defecto habría que modificar el proyecto e incluir dichos cálculos y desglose para comprobar que se ha diseñado toda la instalación de acuerdo a los procesos presentes y a los materiales almacenados y su disposición.

En el apartado de observaciones se indica que “no se considera la mercancía en tránsito al estar como máximo 2-3 horas en la nave; también porque esta mercancía varía en tamaño y tipo cada día”. Esto se debe a que son almacenamientos puntuales y variantes, y por ello la instalación se debe diseñar según lo que va a haber presente de forma continuada.

CAPÍTULO 3.5: ANÁLISIS DE LA PROTECCION ACTIVA

En este capítulo se aplican todas las normas UNE descritas en el capítulo 2 para cada sistema de protección contra incendios. Las hojas de tomas de datos a rellenar son las correspondientes al Formato F.G.08.02.PI-01 del anexo 1.

Como en este caso concurren actividades de almacenamiento y no almacenamiento, se elegirá siempre la más restrictiva para la necesidad de instalar cada sistema. De cualquier manera, la más restrictiva es la actividad de almacenamiento.

Para la inspección de cada sistema de PCI, aparte de las pruebas pertinentes de cada sistema e inspección de los diferentes elementos, habrá que comprobar los certificados de instalación y asegurarse que están instalados conforme a sus normas correspondientes.

CAPÍTULO 3.5.1: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIO

Al tratarse de un edificio tipo C, tener actividad de almacenamiento, ser de riesgo medio y que la superficie sea igual o mayor a 1.500 m² el establecimiento deberá disponer de un sistema de detección automático.

Dicha instalación cuenta con 544 detectores ópticos repartidos por toda la instalación. Se detectores puntuales, es decir están ubicados siempre en el mismo punto, conectados a una central analógica, y que una vez activados activarán las sirenas interiores y las puertas retenedoras deberán cerrarse para sectorizar el fuego del exterior. Tras realizar las pruebas pertinentes, como activación manual de los detectores, prueba de las baterías de la central, comprobar distancias entre detectores y área cubierta por cada uno de ellos, activación de alarma y cierra de puertas con retenedores, se detectan los siguientes defectos:

- **La central de incendios da fallo de toma a tierra:** como todo circuito o sistema eléctrico debe estar protegido ante derivaciones y sobretensiones, y para ello necesita una toma a tierra. Para solucionar este defecto basta con colocar la toma a tierra y reiniciar la central para que analice la instalación y detecte que el fallo ya no existe.
- **Varias puertas retenedoras no cierran al activarse la alarma:** cuando la alarma contra incendios se activa, las puertas cortafuegos, en este caso con la zona de oficinas (que en esta instalación hay algunas que se encuentran abiertas), deben cerrarse para evitar la propagación del

fuego. Esto se hace mediante un electroimán que debería dejar de recibir corriente cuando esta alarma es activada. Para solucionarlo se debe analizar el sistema eléctrico para ver dónde está el fallo.

- **Varios detectores de ópticos no dan señal de fuego cuando son probados durante la inspección:** para comprobar el correcto funcionamiento de los detectores se les dispara un humo artificial simulando un fuego real. Ante esta acción los detectores no envían señal a la central de alarmas por lo que, si el fuego ocurriese en esa zona, no se activaría la alarma de incendios. En estos casos se debe cambiar el elemento por uno nuevo.

Cumplen con todos los requisitos establecidos en la Norma UNE 23007-14 [22] en versión de 2014.

CAPÍTULO 3.5.2: SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIO

Al tener el establecimiento una superficie mayor a 800 m² deberá disponer de sistemas manuales de alarma (pulsadores manuales). Se disponen 84 pulsadores de alarma manual distribuidos por todo el establecimiento y en las salidas de este. Tras realizarse las pruebas de activación manual de los pulsadores y alarma y mediciones de distancia entre pulsadores, se detectan los siguientes defectos:

- **Se superan los 25 m de distancia máxima a recorrer hasta el pulsador más cercano en la zona de empaquetamiento:** ocurre lo mismo que en el defecto anterior, y por ende la solución es la misma, instalar ambos elementos y volver a medir la distancia más desfavorable para que cumpla con lo exigido.

Cumplen con todos los requisitos establecidos en la Norma UNE 23007-14 [22] en versión de 2014.

CAPÍTULO 3.5.3: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA

Este sistema debe ser instalado en establecimientos con una superficie mayor de 10.000 m² y que deberá ser oída en todo el establecimiento con un nivel mínimo de 60 dB(A). Tras probar el sistema se detectó el siguiente defecto:

- **Las sirenas del fondo de la nave no se escuchan adecuadamente:** la señal acústica no llega a los 60 dB(A) mínimos exigidos. Para subsanar este defecto se instalarán alarmas más potentes en las zonas afectadas.

CAPÍTULO 3.5.4: SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS

En este caso la red pública de abastecimiento no puede aportar el caudal y presión exigidas por el proyecto (6 bares y 550 m³), por lo que es necesario instalar un sistema de abastecimiento de agua contra incendios. Este sistema consta de 1 bomba jockey para mantener la presión debido a pequeñas pérdidas y 3 bombas diésel, cuyo caudal nominal son 225 m³ y presión nominal 8,3 bares, trabajan 2 de ellas siempre en paralelo para dar las condiciones de caudal y presión. La tercera está como medida de seguridad en caso de que alguna de las 2 principales falle. Se dispone de un depósito de 736 m³ para asegurar el caudal durante al menos una hora

Tras realizar las pruebas para sacar la curva de bombeo y se inspeccione la sala de bombas así como las condiciones de los sistemas auxiliares del grupo de bombeo (cuadro eléctrico, conexiones al depósito y tuberías), no se detecta ningún defecto aparente.

Cumplen con todos los requisitos establecidos en la Norma UNE 23500 [41] en su versión de 2012.

CAPÍTULO 3.5.5: SISTEMA DE HIDRANTES EXTERIORES

Al tratarse de un edificio tipo C y de riesgo medio cuya superficie es igual o mayor a 3.500 m² los hidrantes exteriores son obligatorios.

Existen un total de 17 hidrantes, de los cuales 10 son de superficie y 7 de arqueta. Todos ellos disponen de un detector de flujo y están conectados a la central de alarmas, para que en caso de que se utilice uno el detector de flujo detecte el movimiento del agua y se active la alarma para avisar de que hay un incendio.

Todos ellos disponen de un armario a la intemperie con el material necesario para su uso (mangueras, racores y llave de apertura).

Los hidrantes de superficie son de columna seca, es decir, que la parte exterior del hidrante está vacía para evitar el riesgo por helada (seccionados por una válvula); mientras que los de arqueta son de columna húmeda (están llenos de agua hasta los puntos de salida) ya que al estar enterrados no disponen de riesgo de helada.

Tras probar los hidrantes para comprobar que dan el caudal y presión necesarios, medir las distancias entre ellos (no se pueden recorrer más de 40 metros hasta el hidrante más cercano) y a la fachada del edificio (deben estar entre 5 y 15 metros) se detectan los siguientes defectos:

- **Los hidrantes de arqueta están inundados e inutilizados:** en este caso nos encontramos con que los hidrantes pierden agua por lo que en el momento que se abran no podrán cumplir sus funciones al desviarse el agua por un recorrido que no es la manguera que se les conectará. Para subsanar este defecto habría que cambiar el hidrante entero o reparar, si es posible, los lugares por donde fuga.

Cumplen con todos los requisitos establecidos en la Norma UNE-EN 14384 [28] y 14339 [30], en su versión de 2006.

CAPÍTULO 3.5.6: EXTINTORES DE INCENDIO

Los extintores son de obligada instalación en todo establecimiento industrial, de forma que no haya que recorrer en ningún momento más de 15 metros hasta el más cercano. Dichos extintores se elegirán en función del riesgo que cubran.

En nuestra instalación contamos con 273 extintores de varios tipos y pesos, Polvo ABC (6kg, 25 kg y 50 kg) y de CO2 (2kg y 5kg). Tras la inspección de este sistema se detecta las siguientes anomalías:

- **Se superan los 15 m de distancia máxima a recorrer hasta el extintor más cercano en la zona de empaquetamiento:** como la descripción indica, se superan la distancia máxima exigible en una zona del establecimiento, para ello bastará con colocar un extintor en dicha zona y volver a medir la distancia más desfavorable y que no supere los 15 metros.
- **Varios extintores cerca de los muelles 10 y 11 no disponen de señalización:** todo sistema de protección contra incendios debe estar señalizado con su cartelería correspondiente, siempre según la Norma UNE 23035 [48]. Para subsanar este defecto se deben colocar los

carteles correspondientes encima del extintor de forma que sean visibles.

CAPÍTULO 3.5.7 BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE)

Al tratarse de un edificio tipo C con un riesgo medio, se deben instalar si se superan los 1000 m², por lo que en nuestro caso son obligatorias. En este caso se instalan BIEs de 25 mm de diámetro. Al igual que los hidrantes disponen de detector de flujo y están conectadas a la central de incendios. Para realizar las pruebas se deben probar las dos BIEs más desfavorables y ver que pueden funcionar a caudal y presión nominal durante una hora, hay que desconectar la alarma. Tras su inspección, pruebas y mediciones de distancias, se detecta el siguiente defecto:

- **Se superan los 25 m de distancia máxima a recorrer hasta la BIE más cercana en la zona de empaquetamiento:** ocurre lo mismo que con el defecto del pulsados o extintor, y por ende la solución es la misma, instalar ambos elementos y volver a medir la distancia más desfavorable para que cumpla con lo exigido.

CAPÍTULO 3.5.8 SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS DE AGUA

Este sistema deberá instalar en un establecimiento de tipo C, riesgo medio y con actividad de almacenamiento cuando sea mayor de 2.000 m², en nuestro caso es obligatorio.

El tipo de riesgo que cubren es ordinario, y se disponen 4480 rociadores distribuidos equitativamente y controlados por 4 puestos de control de forma que se sectoriza la nave en 4 zonas de rociadores. Estos puestos de control cuentan con una alarma o Gong, que se acciona cuando hay flujo de agua, además de estar conecta a la central de incendios para que en caso de su activación la alarma suene automáticamente.

Los rociadores son colgantes (por debajo del tubo), disponiendo todos ellos de una pequeña pantalla para reflejar el agua lo máximo posible.

El color de la ampolla o bulbo es rojo, por lo que según la Tabla 20 los rociadores serán activados cuando se llegue a una temperatura de 68°C. Toda la tubería está llena de agua por lo que es una instalación mojada.

Tras su inspección visual y prueba de los puestos de control y alarma Gong, que consiste en abrir una válvula manual que deja pasar agua por el gong, no se detecta ningún defecto.

CAPÍTULO 3.5.9: SISTEMA DE EXTINCIÓN POR AGENTES EXTINTORES GASEOSOS

En esta instalación contamos con un riesgo de fuego eléctrico en la sala de servidores, por lo que se consideró la instalación de un sistema extintor por gas. Su función no solo es evitar la expansión del fuego, si no proteger la integridad de los elementos que protege, ya que son equipos muy valiosos y con gran cantidad de información dentro de ellos, que, de quemarse, se perdería.

El gas utilizado es Novec 1230, gas de última generación que viene a sustituir al anterior gas halón que, al contener Cloro y Fluor, cuyo uso está prohibido desde 1994 debido a que estos elementos destruyen la capa de ozono y son tóxicos [50].

Las propiedades del Novec 1230 hacen que su uso se haya generalizado y sea uno de los más usados [51]:

- No es corrosivo ni conduce la electricidad ni condensa la humedad del ambiente, por lo que no daña las superficies en las que se posa.
- Tiene una vida atmosférica de 5 días y su baja toxicidad permite al personal exponerse a él cuando este gas es descargado.
- Permite llegar a todo tipo de fuegos ocultos por su gran expansión al ser liberado.
- El efecto extintor se debe a su capacidad de absorción del calor, que se debe al desplazamiento del oxígeno y así la subsiguiente parada de la combustión.

Dicho sistema dispone de 4 detectores ópticos dentro del habitáculo que protege, y que para su activación automática deben ser activados dos. Fuera de la sala, dispone de un pulsador de activación y paro manuales, así como un cartel luminoso diciendo “EXTINCIÓN ACTIVADA”, que deberá iluminarse de forma intermitente y una alarma deberá sonar.

Todo esto debe ocurrir siempre después de un tiempo o prealarma para dar tiempo suficiente a la gente que se pudiera encontrar dentro a salir, o en caso de ser una falsa alarma salir fuera y pulsar el pulsador de paro manual.

En esta instalación las boquillas son colgantes apuntando hacia los equipos eléctricos y la alarma está conectada a la central de incendios. Se dispone de

una batería de 2 cilindros con sistema de pesaje para que en caso de que haya una fuga el sistema lo detecte y envíe una señal de alarma a la central de incendios.

Tras probar, previamente desconectando los cilindros, la activación de las diferentes alarmas e inspeccionar el buen estado de todos los elementos, no se aprecia ningún defecto.

Cumplen con todos los requisitos establecidos en la Norma UNE-EN 12845 [32] en su versión de 2016.

CAPÍTULO 3.5.10: VENTILACION Y ELIMINACIÓN DE HUMOS

Al tratarse de un establecimiento de riesgo medio con actividades de almacenamiento, debe disponer de un sistema de ventilación y eliminación de humos si supera los 1000 m², como es nuestro caso.

En este caso se dispone de 160 exutorios que se abren de forma automática cuando salta la alarma de incendios. Disponen de doble fuente de alimentación eléctrica, la red y una batería para que en caso de corte de tensión en la nave este sistema funcione correctamente, y se deben probar ambos sistemas.

Tras las pruebas se detecta el siguiente defecto:

- **Varios exutorios de la zona central de la nave no se abren, ni con alimentación de red, ni de batería:** el sistema no funciona correctamente, puede ser porque esté atascado algún mecanismo o porque no funcione la conexión eléctrica. Se deberá inspeccionar y probar para ver qué elemento/s hay que sustituir.

CAPÍTULO 3.5.11: ALUMBRADO DE EMERGENCIA

En esta instalación se debe instalar alumbrado de emergencia (457 luminarias) en todas las vías de evacuación, así como en los cuadros eléctricos, puestos de control de los sistemas de PCI y en la central de alarmas. Deben empezar a funcionar cuando detecten una caída del 70% en la tensión de la red, y deben funcionar, al menos, durante 1 hora proporcionando 1 lx de iluminación en el suelo de las rutas de evacuación y 5 lx en los cuadros, puestos de control y central de alarmas.

Tras probar el sistema no se detecta ninguna anomalía en su funcionamiento.

CAPÍTULO 3.5.12: SEÑALIZACION

Toda ruta de evacuación, así como todos los elementos de PCI deben estar señalizados correctamente según la norma UNE 23035 [48]. Para comprobar su funcionamiento se apagará la iluminación para ver que disponen de luminiscencia suficiente para ser identificados desde 10 metros. Tras comprobar su fotoluminiscencia no se detectó ningún fallo.

Se detectaron varios extintores que no disponían de su señalización, pero como dicho defecto ya se reseñó en el capítulo 3.5.6, por lo que no se repite en este apartado.

CAPÍTULO 3.6: ANÁLISIS DE LA PROTECCIÓN PASIVA

Esta parte de la inspección es lo que diferencia una inspección en la que se aplica solo el RIPCI [2] [5] o el RSCIEI [1]; ya que en el RIPCI [2] [5] solo se analiza la parte activa de la instalación al no estar considerada actividad industrial.

En este caso la instalación cumple con todos los requisitos, lo cual es poco común en este tipo de inspecciones ya que esta parte del Real Decreto [1] es la más complicada de entender y la que más complicaciones da a la hora de la construcción.

En análisis realizado en este capítulo se divide en 7 partes, presentes en las hojas del Formato F.G.09.01.PI-01 del anexo 1.

CAPÍTULO 3.6.1: ENTORNO

En este apartado se comprueba el entorno del establecimiento industrial para comprobar que los bomberos disponen del espacio suficiente para realizar las maniobras en caso de intervención, así como el tamaño de los huecos de la fachada cumplen con lo expuesto en el capítulo 2.2.1.1.

La instalación cumple con las distancias mínimas.

CAPÍTULO 3.6.2: UBICACIONES NO PERMITIDAS DE SECTORES DE INCENDIO CON ACTIVIDAD INDUSTRIAL

Al tratarse de un establecimiento tipo C todas las ubicaciones están permitidas salvo 2ª planta bajo rasante. En este caso no aplica ninguna de las ubicaciones, y el establecimiento está situado a más de 25 metros de cualquier masa forestal por ser de riesgo medio.

CAPÍTULO 3.6.3: MÁXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE DE CADA SECTOR DE INCENDIO

En nuestro caso al tratarse un establecimiento tipo C de riesgo medio 3, el área máxima debe ser 5.000 m², pero según la nota 4, si el establecimiento cuenta con una instalación fija de rociadores automáticos y la distancia a límites de parcelas con posibilidad de edificar es mayor de 10 metros, el sector de incendios puede tener cualquier superficie. Condiciones que se cumplen en nuestro caso, por lo que los 76.800 m² son admisibles.

De forma que se cumplen todos los requisitos de este punto.

CAPÍTULO 3.6.4: MATERIALES

En este caso la normativa exige las siguientes clases mínimas para las diferentes partes del establecimiento:

- **Suelos:** C_{fi}-s1, M2 o más favorable
 - o En nuestro caso el suelo es de hormigón (lijado para que no sea áspero), cuya clasificación es A1_{fi}-s1, por lo que cumple con lo exigido.
- **Paredes y techos:** C-s3 d0, M2 o más favorable
 - o En nuestra instalación las paredes son de hormigón (clase A1-s1 d0), y cumplen con la clase mínima exigida.
 - o Los techos son de panel sándwich con aislamiento de pladur por el interior (B-s1 d0), que también cumplen con la clase mínima exigida.
- **Lucernarios no continuos:** D-s2 d0, M3 o más favorable.
 - o En nuestra nave se disponen de claraboyas de metacrilato cuya clase es C-s2 d0, cumpliendo con la clase mínima exigida.

- Lo mismo ocurre con los exutorios para la eliminación de humos, siendo planchas de acero de un 1 mm de espesor con pintura ignífuga por la parte interior, cuya clase es A2-s1 d0, cumpliendo también con la clase mínima exigida.

CAPÍTULO 3.6.5: ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS PORTANTES

Al tratarse de un establecimiento tipo C de riesgo medio la resistencia mínima exigible es **R-60** para las plantas sobre rasante y **R-15** para la cubierta ligera, que en este caso aplica para las claraboyas. Pero que según la nota 1, al no estar previstas para la evacuación de ocupantes ni de paso, justificando que su fallo no provoca daños graves en los edificios contiguos y siempre que el establecimiento dispone de un sistema de control de extracción de humos, no se le exigirá ninguna resistencia al fuego; por lo que en nuestro caso al cumplirse la nota 1 y disponer de un sistema de control de humos, no será exigible.

El material del que están hechos los elementos portantes es hormigón (aligerado para que las cerchas no partan), y cuya resistencia es R-120, haciendo que cumplan con la resistencia mínima exigida.

CAPÍTULO 3.6.6: RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL CERRAMIENTO

Aquí se analizará la resistencia al fuego de los elementos que delimitan nuestra instalación, ya bien sea con el exterior, otro establecimiento o entre sectores de incendio. En nuestro caso, al no delimitar con ningún establecimiento y disponer de un solo sector de incendio solo le será de aplicación el primer punto (cerramiento del sector de incendios).

Al tratarse de un establecimiento tipo C y la planta ser sobre rasante, la resistencia al fuego mínima exigida es EI-60, y como se ha explicado en el anterior punto, toda la nave está hecha de hormigón, cuya resistencia es EI-120, superando la resistencia mínima exigida.

Por otro lado, se tienen que cumplir las distancias mínimas entre huecos y ventanas del establecimiento (5 metros al tratarse de un único sector), que en nuestro caso se aplica a las claraboyas y que si que cumplen al estar separadas 7 metros.

Las puertas de paso al exterior que delimitan el sector de incendio deberán tener al menos la mitad de resistencia al fuego que la del elemento delimitador del sector (EI-30); nuestras puertas tienen una EI-60, cumpliendo.

CAPÍTULO 3.6.7: EVACUACION DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

En primer lugar, se analiza la ocupación del establecimiento, por proyecto se indica que son 120 personas, pero en la realidad son, como mucho en el turno de mayor presencia en la nave, 96 personas. No se debe superar lo expuesto en el proyecto ya que el establecimiento se diseñó conforme a esa ocupación.

Al tratarse de un establecimiento de riesgo medio debe haber o una salida de recorrido único de 25 metros, y que puede ser 35 metros si $P < 35$ (no es nuestro caso); o 2 salidas alternativas con recorrido de evacuación de 50 metros. En nuestro caso al tratarse de una nave muy amplia, se han dispuesto las salidas de emergencia al exterior de forma que no haya más de 50 metros de recorrido, es decir cada 42 metros en ambos lados de la nave.

El entorno con el que nos encontramos al salir de la nave es un entorno seguro, no hay obstáculos que no permitan la salida del establecimiento, no hay tránsito de vehículos que pueda originar un accidente ante la repentina salida de alguien del establecimiento, y con separación suficiente al edificio (en nuestro caso 12 metros).

Según la Ecuación 5, los pasillos y puertas de evacuación y paso deben tener como mínimo 0,8 metros de ancho, en nuestro caso son de 1 metro. Por lo que cumplen con las exigencias. A mayores las puertas de evacuación se abren en el sentido de la evacuación, con un sistema que no necesita de llave y abatibles en el eje de giro vertical.

En esta instalación no se disponen escaleras, ni protegidas ni no protegidas ni de evacuación, al estar todo situado en planta sobre rasante.

CAPÍTULO 3.6.8: ALMACENAMIENTOS

Este apartado no es de aplicación ya que en nuestra instalación el almacenamiento ocurre en palets ubicados en el suelo, sin apilar uno encima del otro, por lo que el uso de estanterías metálicas no es necesario.

CAPÍTULO 3.7: HOJAS DE TOMA DE MEDICIONES

Aparte de rellenar las hojas de tomas de datos de la instalación, hay que rellenar una serie de hojas de mediciones de algunos de los sistemas dispuestos en la instalación. En estas hojas o formatos, se indica el sector del que se trata (en nuestro caso UNICO), el tamaño del lote (total de elementos) y el tamaño de la muestra, aceptación y rechazo, que viene dictaminado en la siguiente tabla:

Tamaño del lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 en adelante	D	E	H	K	N	Q	R

Tabla 22: Tamaños de lote y letra correspondiente para muestra

En la Tabla 22, elaborada por ENAC, según el tamaño del lote y tipo de inspección, en este tipo de inspecciones aplica el nivel general de inspección II, se determina la letra que después nos indicará el tamaño de la muestra a coger.

Tras disponer de la letra aplicable para la muestra, se tiene que determinar el límite de calidad de aceptación (LCA), que indicará el número máximo de rechazos aceptados en una muestra a partir del cual se notifica un defecto. En el caso de SIMECAL se establece que el límite de calidad de aceptación el del 1%.

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Límite de calidad de aceptación (LCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección rigurosa)																									
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
S	3 150	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Tabla 23: Tamaño muestra y numero máximo de rechazos según LCA

Para trabajar con esta tabla (Tabla 23) , hay que elegir la letra código del tamaño de la muestra, y hacer la intersección con la columna remarcada (1,0%) para saber a partir de cuantos rechazos (2º numero) se considera defectuosa la muestra y por ende debe redactarse el defecto.

Como ejemplo: suponiendo que tenemos una muestra de 529 elementos, en la Tabla 22 vemos que nos corresponde la letra J, y en la Tabla 23 nos indica que la muestra debe ser de 80 elementos. Haciendo la intersección de la línea correspondiente a la letra J y la columna (1,0%), nos indica que para que la muestra sea rechazada debe haber 2 elementos defectuosos o que no cumplan con algún punto inspeccionable.

Volviendo a las hojas de tomas de mediciones, en nuestro caso aplica a:

- Detectores: en vez de rellenar el formato F.G.11.01.PI-PI-01 se realiza en un folio en blanco un croquis de la ubicación y distancia de los detectores en la instalación, facilitando el trabajo.

- Pulsadores: se rellena el formato F.G.12.01.PI-PI.01 en el que se indica la ubicación, la distancia máxima a recorrer hasta ese pulsador y la altura a la que está situada su parte central.
- Hidrantes: se rellena el formato F.G.13.01.PI-PI.01, donde hay que indicar la ubicación, la distancia medida perpendicularmente a la fachada entre el hidrante y el edificio, y la distancia máxima a recorrer hasta el hidrante.
- Extintores: se rellena el formato F.G.14.01.PI-PI.01, en que hay que indicar la ubicación, la máxima distancia a recorrer hasta el extintor y la altura de la maneta de este.
- BIEs: se rellena el formato F.G.15.01.PI-PI.01, en el que se indica la ubicación, altura del centro de la BIE o llave de apertura (según aplique), distancia a salida (cuando sea menor de 5 metros), distancia a la siguiente BIE y máxima distancia a recorrer hasta esa BIE.
- Alumbrado de emergencia: se rellena el formato F.G.20.02.PI-PI.01, en el que se indica la ubicación, los lx en los casos de ruta de evacuación y los lx cuando ilumine algún equipo, así como la autonomía.

Como aclaración, se puede ver a lo largo de las hojas que hay palabras o cuadrados tachados y con una firma al lado. Esto se debe a que durante la inspección se comenten errores a la hora de apuntar o escribir las características y siempre se debe firmar al lado de la corrección con la firma del inspector para asegurar que ha sido una corrección in situ y no a posteriori pudiendo haber falseado las hojas de tomas de datos.

CAPÍTULO 3.8: DICTAMEN DE LA INSPECCIÓN Y PASOS A SEGUIR POR EL TITULAR DE LA INSTALACIÓN

Una vez realizados todos los análisis del capítulo 3.2, el siguiente paso es rellenar el modelo de informe de SIMECAL [52], situado al final de Anexo 1.

En él se rellenan los datos geográficos de la instalación, el titular, actividad realizada y documentación aportada, así como los defectos encontrados con su plazo de subsanación. Y se da el dictamen final de la inspección:

- Favorable: ningún defecto. El certificado y la inspección tienen una vigencia de 10 años desde la fecha de la inspección.
- Condicionado: presenta defectos leves y graves, cuyo plazo de subsanación es de 6 meses.
- Negativo: presenta defectos muy graves que deberán ser subsanados en el menor tiempo posible, tomando acciones inmediatas desde la

inspección, o el titular se enfrenta a una posible parada de la actividad industrial

Dado que se han encontrado defectos graves (DG) se da un plazo máximo de 6 meses para que el titular de la instalación subsane todos los defectos. Si trascurrido esos 6 meses no se subsanan los defectos, el inspector deberá emitir el certificado negativo y registrarlo en el órgano competente en materia de industria de la CCAA para su conocimiento. De no subsanarse los defectos en un periodo corto de tiempo, el titular se podría enfrentar a sanciones económicas y suspensiones de actividad.

La subsanación de los defectos documentales se ha explicado en el capítulo 3.3, con la única aclaración de que para modificar el proyecto habría que volver a presentar la parte modificada ante el colegio oficial de ingenieros y que sea firmado y visado.

El qué hay que hacer para subsanar los defectos encontrados en los sistemas de protección contra incendios se explica en cada apartado del capítulo 3.5, pero el quién, no. Para ello, el titular deberá contratar a una empresa para subsanarlos. Lo que se hace en la gran mayoría de los casos es que la propia empresa que realiza las revisiones y mantiene los sistemas sea la encargada de ejecutar los trabajos, ya que conoce la instalación y es una empresa mantenedora autorizada.

Una vez el titular ha subsanado todos los defectos encontrados debe ponerse en contacto con SIMECAL para realizar una segunda visita a la instalación para que el inspector compruebe que los defectos se han subsanado. A mayores, SIMECAL siempre se pone en contacto con los titulares de las instalaciones que han sido inspeccionadas un mes antes del vencimiento del plazo para recordarles dicho vencimiento.

En caso de que no se subsanen pasado el plazo dado, y como se ha explicado al principio de este capítulo, el inspector deberá emitir un certificado con dictamen negativo y presentarlo ante el órgano competente en materia de industria de la CCAA en un plazo máximo de 2 días después de la segunda visita o vencimiento del plazo.

En caso de que la primera inspección sea favorable (ningún defecto), o se subsanen los defectos en el plazo de una inspección condicionada (con defectos leves y/o graves)

CAPÍTULO 4: IMPORTANCIA DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS MATERIALES Y SU COMPORTAMIENTO

Cabe resaltar la gran importancia que tienen los materiales y su resistencia al fuego en este tipo de instalaciones. La gran mayoría de establecimientos tienen un gran tamaño y en su interior encontraremos gran cantidad de mercancías, procesos de producción cuyo valor suele ser muy alto, y trabajadores cuya seguridad e integridad hay que asegurar en todo momento. Como se explica en el capítulo 1.1, este reglamento [1] nace de la necesidad de construir establecimientos industriales más resistentes y seguros en caso de incendio, en cuanto a materiales y estructuras; ámbito no tratado en el RIPCI [2]. De forma que los requisitos exigidos a los materiales usados en la construcción van a ser más severos que anteriormente.

Este capítulo está relacionado con capítulo 2.2.3, donde se explican las diferentes clasificaciones de los materiales en función de su comportamiento ante el fuego en diferentes situaciones (generación de humos, combustibilidad y generación de partículas o gotas en llamas). Pero en este caso vamos a hablar de cómo se comportan los materiales usados ante altas temperaturas en función de su estructura y composición.

En particular se va a hablar del acero y hormigón, los dos materiales más usados en la construcción y de los que está hecha nuestra instalación.

Como datos generales, la exposición a altas temperaturas en un incendio de un material reduce la resistencia máxima que este puede soportar, y disminuye el módulo de Young [53]. Esto ocurre solo para materiales no combustibles, ya aquellos que lo son aportan carga de fuego al incendio.

La siguiente tabla (Tabla 24) [53], nos indica de forma general el comportamiento de la madera, acero y hormigón en diferentes parámetros que más tarde en el capítulo se explicarán de forma más detallada:

	Madera	Acero	Hormigón
Resistencia al fuego sin protección	Muy baja	Baja	Alta
Combustibilidad	Alta	Ninguna	Ninguna
Contribución a la carga de fuego	Alta	Ninguna	Ninguna
Conductividad del calor	Baja	Muy alta	Muy baja
Incorpora protección frente al fuego	Muy baja	Baja	Alta
Posibilidad de reparación después del fuego	Ninguna	Baja	Alta
Protección para los usuarios durante la evacuación y los bomberos	Baja	Baja	Alta

Tabla 24: Propiedades de la madera, acero y hormigón frente al fuego

CAPÍTULO 4.1: COMPORTAMIENTO DEL ACERO FRENTE A ALTAS TEMPERATURAS EN UN INCENDIO

El mayor problema que tiene el acero cuando se enfrenta al fuego es su alta conductividad térmica ($40-60 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) [54] haciendo que en poco tiempo toda su estructura se caliente prácticamente a la misma temperatura que el fuego que le rodea. Tal y como se puede ver en la Tabla 25 [53]:

Tiempo t (minutos)	Temperatura alcanzada (° C)			
	En el incendio	En el acero estructural sin protección	En la armadura con un recubrimiento r (mm)	
			r = 30	r = 45
30	815	815	205	140
60	925	925	370	270
90	990	990	490	350
120	1030	1030	570	425
150	1070	1070	620	490
180	1100	1100	660	510

Tabla 25: Temperatura del material vs tiempo de exposición al fuego

(NOTA: Nos fijamos en las 3 primeras columnas, que hacen referencia al acero. Las 2 últimas no serán estudiadas ya que hacen referencia a un acero recubierto de hormigón)

El problema de la conductividad deriva en que el acero a partir de los 600°C pierde la mitad de su resistencia mecánica [53] [55] (carga máxima que puede soportar un material antes de romperse) y su módulo de Young (relación entre la carga ejercida en un material y la deformación unitaria de este; cuanto mayor es el módulo más rígido es el material) en un 70% [53], como se puede ver en la Tabla 26 y Tabla 27:

Temperatura (° C) T (° C)	Pérdida de resistencia (%)	
	Acero armadura	Hormigón
20	0	0
400	15	15
500	30	30
600	60	40
700	85	60

Tabla 26: Resistencia mecánica del acero y hormigón vs temperatura interior del material

(NOTA: Al igual que en la tabla anterior, trabajaremos con la columna referente al acero).

Temperatura (°C)	Disminución del módulo de elasticidad (%)	
	Acero armadura	Hormigón
20	0	0
400	30	75
500	40	83
600	70	90
700	87	90

Tabla 27: Modulo de Young del acero y hormigón vs temperatura interior del material

(NOTA: Al igual que en la tabla anterior, trabajaremos solo con la columna referente al acero).

Esta pérdida de resistencia y disminución del módulo de Young provoca que alrededor de los 538°C el acero estructural colapsa, esto ocurre alrededor de los 5 minutos del inicio del incendio. [56]

Analizando las propiedades del acero, y relacionándolo con la clasificación de materiales del capítulo 2.2.2, el acero no presenta combustibilidad alguna, así como tampoco produce humos; y aunque no genera gotas en llamas, si se calienta a temperatura suficiente puede empezar a tener cierta viscosidad y desprenderse.

Viendo el comportamiento del acero ante el fuego, se le da la siguiente clasificación:

- A1-s1 d0: no es combustible, y no produce humo ni gotas en llamas
- REI-5/15: el acero empieza a perder sus capacidades portantes, aislantes e integridad a los 5 minutos, habiendo desaparecido completamente a los 15 minutos ante un incendio [53] [56]. Siempre dependiendo de la intensidad y localización del material de acero en cuestión.

CAPÍTULO 4.2: COMPORTAMIENTO DEL HORMIGON FRENTE A ALTAS TEMPERATURAS EN UN INCENDIO

En el anterior capítulo se veía como la alta conductividad térmica jugaba en contra del acero en situaciones frente al fuego, y ahora veremos como una baja conductividad térmica (0,8-1,5 W/(m*K)) [54], es una de las grandes ventajas del hormigón como material resistente al fuego. Esto hace que el hormigón tarde mucho en calentarse, manteniendo propiedades como la resistencia mecánica y módulo de Young constantes durante mucho más tiempo que el

acero, siendo así el material más seguro frente a un incendio. Es un material no comburente y que tampoco genera humos.

El cemento a partir de los 300°C empieza a perder algo de resistencia mecánica, pero ello no afectará a su capacidad estructural y portante porque solo los primeros centímetros de este son los que estarán calientes; su interior estará a una temperatura inferior [57]. A partir de los 550-600°C, dependiendo de los materiales que compongan el cemento, es cuando se empiezan a notar la disminución de su capacidad de carga a la vez que se va descorchando y empezando a perder material, lo que acelera el proceso de degradación hasta llegar a los 1400°C, momento en el que el cemento colapsará totalmente. Es muy complicado llegar a estas situaciones porque incluso de 26 horas expuesto al fuego, no se llegan a estas temperaturas [57].

Alrededor de los 100°C sufre una pérdida del 10-20%; cuando llega a 260°C, entre en el 30-40%; llegando al 65-70% cuando llega a los 600°C [58].

En cuanto al módulo de Young, cuando alcanza los 100°C disminuye alrededor de un 10%; cuando llega los 300°C entre un 55-65%; y cuando alcanza los 600°C pierde un 65-75% [59].

Aunque parece que no dista mucho del acero en cuanto a comportamiento vs temperatura, la gran diferencia la marca el tiempo que tarda el hormigón en llegar a esas temperaturas debido a su conductividad; tema que se tratará más en profundidad en el capítulo siguiente.

Analizando las propiedades del hormigón, y relacionándolo con la clasificación del capítulo 2.2.2, el hormigón no presenta combustibilidad alguna, de la misma forma que tampoco produce humos ni gotas en llamas. Cuando llega a muy altas temperaturas se empieza a descorchar y va perdiendo capas de material.

Viendo el comportamiento del hormigón ante el fuego, se le da la siguiente clasificación:

- A1-s1 d0: no es combustible, y no produce humo ni gotas en llamas
- REI-120: el hormigón empieza a ver sus capacidades portantes, aislantes e integridad disminuir a los 120 minutos, que junto con las cargas que tiene, hace que ya no se puede asegurar su seguridad.

CAPÍTULO 4.3: ANALISIS DE LA CONDUCTIVIDAD DEL ACERO Y DEL HORMIGÓN

Como hemos hablado en los dos anteriores capítulos, el factor responsable del diferente comportamiento ante la temperatura de estos dos materiales es su conductividad.

El acero posee una conductividad térmica (40-60 W/(m*K)) [54], mientras que el hormigón tiene una conductividad térmica de (0,8-1,5 W/(m*K)) [54].

Esto se debe a la naturaleza de sus enlaces a nivel molecular.

El acero presenta enlaces metálicos, que se caracterizan por la capacidad de sus electrones para moverse libremente, permitiendo esa transmisión de calor y electricidad. Las aleaciones son menos conductoras que los metales puros al ser una mezcla entre varios elementos, esto se debe a la diferencia en tamaño del átomo y su peso molecular; de forma que, si hay menos energía a transferir entre átomos, habrá menos conductividad [60]. Un ejemplo es el acero al carbono, que comparado con el hierro puro, presenta menor conductividad, pero mayor que el acero inoxidable, mucho más rico en elementos de aleación.

Por otro lado, el cemento presenta enlaces covalentes, que al contrario que los enlaces metálicos no permiten la conductividad, ni térmica ni eléctrica, debido a que los electrones están fuertemente localizados y atraídos por los dos núcleos positivos que forman el enlace y que los comparten. Esto hace que ni el calor ni la electricidad pueda fluir a través de este tipo de enlaces. Por estas características también presentan temperaturas de fusión muy altas, permitiendo al hormigón tener tan buen comportamiento ante el fuego y calor. El hecho de no transmitir el calor los hace ser usados ampliamente en la construcción como aislantes de vigas metálicas.

CAPÍTULO 4.4: IMPORTANCIA DE LA FLUENCIA EN INCENDIOS

Como se ha visto en los anteriores capítulos, el aumento de la temperatura hace que ambos materiales, hormigón y acero, vayan perdiendo capacidades mecánicas que les caracterizan como son la resistencia y el módulo de Young. Esto no sería problema si los elementos compuestos materiales no estuviesen soportando ningún tipo de carga, pero dado que justo dichos elementos son los que tienen las funciones portantes y soportan grandes cargas dentro de los

establecimientos industriales es de gran importancia tener siempre controlada la transferencia de calor. Por eso se exige una resistencias mínimas portantes, aislantes e integridad ante el fuego, que en función del riesgo y tipo de establecimiento varían.

Aquí es donde toma gran importancia el comportamiento a fluencia de los materiales. Se puede definir como tensión fluencia como el punto en el que la deformación elástica (deformación causada por una carga que después del cese de esta, el material vuelve a su estado natural), pasa a ser deformación plástica (deformación que después del cese de la carga se mantiene). La fluencia en caliente o creep se define como la deformación permanente que experimenta un material cuando es sometido a una tensión constante (menor a la tensión de fluencia) durante un periodo de tiempo prolongado. Este fenómeno se ve influenciado notoriamente con la temperatura, sin embargo, su comportamiento dependerá de las características propias de cada material. En los materiales metálicos es importante solo a temperaturas mayores al 40% de la temperatura de fusión. En otros materiales como el hormigón o la madera, la temperatura no es un factor tan importante, pero contribuye indirectamente. En este caso, el mecanismo que lo produce es muy diferente al de los materiales metálicos, pues el creep en estos materiales se produce por la pérdida gradual de agua cuando están sometidos a cargas constantes en el tiempo.

Si no se supera la deformación elástica no hay ningún problema ya que la estructura y dimensiones del material se mantienen, pero cuando un material se deforma y cambia sus dimensiones, cambian su morfología y sus propiedades mecánicas, haciéndolo más débil.

Los valores de la fluencia para el acero son bastante altos (entre 420 y 540 MPa), pero estos valores descienden mucho cuando la temperatura de estos materiales sube, y por ende, el límite de rotura o fallo. Por eso es tan importante la utilización de materiales aislantes y con muy buen comportamiento ante el fuego y altas temperaturas, para poder asegurar la seguridad e integridad de los establecimientos industriales y sus ocupantes. De la misma forma que es muy importante limitar la cantidad de carga que los elementos portantes van a soportar; dichos límites y cálculos los delimita el Documento Básico de Seguridad Estructural del Código Técnico de la Edificación [61].

Vista la importancia del límite de fluencia y límite de fallo de los materiales, se entiende porque a los materiales que forman parte de la estructura portante se les exige resistencias al fuego dos, o incluso tres veces mayores a aquellos establecimientos con riesgo alto versus riesgo bajo. Y porque hay combinaciones de tipos de ubicaciones y riesgos que no están permitidas (por ej. Riesgo alto en tipo A, o incluso riesgo medio en tipo A en planta bajo rasante).

Por estos motivos, los materiales aislantes tienen mucha importancia a la hora de reforzar todas las estructuras y elementos delimitantes.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE VIABILIDAD PARA OTRA DISPOSICIÓN DE LA NAVE.

En este capítulo se realizará un breve estudio económico y de viabilidad de cómo ejecutar una obra para adecuar un establecimiento industrial a lo indicado por el RSCIEI [1] de dos formas distintas en función de actividad industria que se realiza en el establecimiento.

El establecimiento industrial elegido es el mismo que se ha aplicado en el caso práctico,

La forma de realizar el estudio va a ser plantear cada opción, explicando en que elementos diferentes serían necesarios instalar en cada opción, para después presentar un presupuesto con el coste aproximado de cada uno. Estos costes han sido obtenidos del Software Generador de Precios para Arquitectura, Ingeniería y Construcción, de CYPE Ingenieros S.A. (www.generadordeprecios.info). Dichos presupuestos son aproximados y se han realizado teniendo en cuenta los elementos y materiales más voluminosos, costosos y de mayor cantidad; se han obviado pequeños materiales adicionales. Todos los precios llevan incluidos la mano de obra para su montaje. Dichos presupuestos los podremos encontrar en el Anexo II.

Después se analizarán los pros y contras de cada opción, para finalmente explicar que opción sería la más factible según el tipo de actividad que se realice en el establecimiento.

OPCION A:

La primera opción es realizar la obra de la misma forma que en el caso práctico, una nave completamente diáfana sin ningún tipo de sectorización pero que para ello requiere de la instalación de un sistema de rociadores automáticos y los equipos necesarios para el correcto funcionamiento. En la Tabla 28 podemos ver el coste aproximado en el presupuesto:

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Rociador	4840	19.25 €	93,170.00 €
Bombas	3	35,000.00 €	105,000.00 €
Depósito	1	61,798.44 €	61,798.44 €
Solera	1	58,869.16 €	58,869.16 €
Tubería 4"	1320	79.32 €	104,702.40 €
Tubería 3"	360	58.74 €	21,146.40 €
tubería 2"	9680	40.45 €	391,556.00 €
Tubería 1"	9680	23.60 €	228,448.00 €
Puesto de Control	4	2,979.17 €	11,916.68 €
Detector de Flujo	4	206.18 €	824.72 €
Valvula corte 4"	4	389.54 €	1,558.16 €
Válvula corte 3"	4	375.02 €	1,500.08 €
Filtro 4"	4	168.84 €	675.36 €
			1,081,165.40 €

Tabla 28: Presupuesto Opción A

A la hora de instalar un sistema automático de rociadores de agua, muchos elementos son necesarios:

- Bombas muy potentes para poder enviar el agua suficiente a toda la instalación.
- Depósito de gran capacidad y una solera que lo soporte.
- Gran cantidad de metro de tubería de acero galvanizado de diferentes tamaños para transportar el agua a todas las partes de la instalación.
- Puestos de control que sectorizan las diferentes zonas de rociadores, así como las válvulas y filtros para mantener el sistema en condiciones óptimas.

Esta opción supone un coste aproximado adicional al propio de edificar la nave y resto de instalaciones de un millón cien mil euros (1.100.000 €).

OPCION B:

En este caso se va a sectorizar la nave en 8 sectores de incendio del mismo tamaño, de forma que cada sector va a mantener los 90 metros de largo y esta vez tendrán 106 metros de ancho. Van a ser necesarias siete paredes de hormigón con dos puertas cortafuegos cada una (14 en total) para poder pasar

de un sector a otro. Estas paredes tendrán las siguientes dimensiones: 90 metros de largo, 10 metros de alto y 0,3 metros de ancho, siendo necesarios 270 metros cúbicos de hormigón especial con resistencia al fuego EI-120 por pared.

En este caso el sistema de rociadores no es necesario ya que al dividir el área total en áreas más pequeñas el riesgo intrínseco disminuye y por ende su instalación no es obligatoria. Por ello, se pueden sustituir las bombas diésel de gran tamaño por dos bombas eléctricas más pequeñas.

En la Tabla 29 podemos ver los materiales y elementos necesarios y el coste aproximado de los mismos:

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Hormigon para pared	1890	123.18 €	232,810.20 €
Puertas corta fuego	14	424.82 €	5,947.48 €
deposito	1	8,426.00 €	8,426.00 €
Bombas Electricas	2	12,398.85 €	24,797.70 €
			271,981.38 €

Tabla 29: Presupuesto Opción B

Esta opción supone un coste aproximado adicional al propio de edificar la nave y resto de instalaciones de doscientos setenta mil euros (270.000 €)

CAPÍTULO 5.1 PROS Y CONTRAS DE CADA EDIFICACIÓN

OPCIÓN A:

En este caso nos encontramos con las ventajas de disponer de un espacio diáfano muy amplio para la ubicación de maquinaria de gran tamaño, así como para cualquier proceso que ocupe un gran espacio o la facilidad de transportar cualquier material o máquina entre diferentes lugares de la nave para la actividad industrial que se esté llevando a cabo. Esto abre las puertas a todos los tipos de actividades industriales.

Por otro lado, tenemos en contra el gran sobre coste que supone instalar el sistema de rociadores automáticos debido a su gran complejidad y cantidad de elementos necesarios, a lo que habría que sumarle el coste de mantenimiento. En primer lugar, está el sobre coste que supondría a la empresa de

mantenimiento las horas necesarias para realizar las revisiones trimestrales y anuales y por otro el coste de reparación o cambio de las piezas que se estropeen, que son muchas y muy específicas. También hay que tener en cuenta el coste de ingeniería que supondría diseñar dicha instalación, teniendo en cuenta distancias, alturas, presiones, caudales, pérdidas de carga, etc. Y por último que la construcción de la nave se alargaría en el tiempo debido a la complejidad de la obra e instalación del sistema. Esto a priori no parecer ser de gran importancia, pero en construcciones industriales el tiempo es una variable muy valiosa para todas las partes (promotor, proyectista, constructor, etc).

OPCIÓN B:

Las principales ventajas de este tipo de edificación son el ahorro de costes en cuanto a la construcción (alrededor de 830.000 €), al mantenimiento de las instalaciones, ya que dispone de muchos menos elementos y estos son más sencillos, y al coste de la ingeniería detrás de todo el diseño. Por otro lado, la construcción de la nave es mucho más rápida, permitiendo iniciar la actividad antes.

En su contra tiene, lo que para algunas empresas un gran obstáculo para desarrollar su actividad, la limitación en cuanto al área útil. Al estar sectorizada con muros, no permite el desarrollo de actividades o utilización de maquinaria que ocupe gran tamaño, así como el traslado de cualquier mercancía de gran tamaño entre sectores. Se puede pensar que se pueden instalar grandes puertas elevadoras para dejar paso entre sectores, pero estas normalmente son de materiales plásticos o trenzados de diferentes telas, que no llegarían a la resistencia al fuego mínima exigida para materiales que delimitan sectores de incendio.

CAPÍTULO 5.3: ELECCIÓN DE DISPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD DESARROLLADA

Tras analizar ambas situaciones, costes, pros y contras, no parece claro que haya una opción mejor que la otra, si no que dependerá enteramente del tipo de empresa y actividad que vaya a desarrollarse en el establecimiento, así como del capital disponible por la empresa promotora del establecimiento.

La opción A (espacio diáfano con rociadores) es más propensa a ser elegida por grandes empresas con mucho capital y cuyas actividades requieren de ese espacio, como por ejemplo la empresa descrita en el caso práctico, ya que puede transportar los paquetes y mercancías libremente por toda la nave sin importar la localización de carga y descarga, así como el tamaño de esta. También es elegida por empresas cuya actividad es la producción y necesitan disponer de grandes espacios continuos para montajes en línea, producciones que ensamblen muchas piezas, etc.

Mientras que la opción B suele ser elegidas cuya capital y espacio necesario para desarrollar su actividad es más pequeño. Como puede ser una empresa de talleres, en la que cada sector se realice un tipo de actividad distinta y que no tengan nada que ver una con la otra. Aun así, esta distribución no es muy común ya que empresas más pequeñas no necesitan de tantos sectores, si no que normalmente con 1, 2 o 3 sectores de no gran tamaño, les sería suficiente.

Al final cada empresa buscará la opción que más les convengan y pueda permitirse, en función del tipo de actividad que vana desarrollar y de su disponibilidad económica

CONCLUSIONES

Como se exponía en la introducción, se ha comprobado la complejidad y extensión del Real Decreto 2267/2004 [1] a través de la elaboración de la guía de aplicación. Han quedado claros los pasos a seguir por un inspector de seguridad industrial de una OCA, acerca de qué y cómo deben ser inspeccionados los diferentes elementos de protección contra incendios.

Esto refuerza de la idea de lo importante que es disponer de normativa en materia de protección contra incendios en establecimientos industriales para poder asegurar la seguridad e integridad de las personas y elementos presentes en cada establecimiento ante un incendio.

Aquí cobra gran importancia el comportamiento de los materiales usados en la construcción frente al fuego, en particular el hormigón y el acero, elementos mayoritariamente utilizados en la construcción de estas instalaciones. Se ha comprobado con los estudios realizados, que lo que se debe evitar es la transmisión de calor en los materiales con funciones portantes y constructivas, ya que son los que mantienen la integridad de la estructura del establecimiento.

Se ha comprobado que la transmisión de calor y energía en el material depende de la estructura a todos los niveles: atómico, micro y macroscópico de los materiales, así es fundamental como son los enlaces entre los átomos (metálicos, iónicos, covalentes). Los enlaces metálicos no limitan el movimiento del electrón, permitiendo así la transferencia de calor y energía sin apenas resistencia; mientras que los enlaces iónicos o covalentes restringen el movimiento de dichos electrones debido a la diferencia de valencias o electronegatividad de los elementos presentes en los enlaces, limitando así la transferencia de calor y energía.

Se ha visto que el aumento de la temperatura de los materiales provoca una pérdida de resistencia mecánica, así como una disminución en el módulo de Young, lo que provoca que el punto de fluencia disminuya considerablemente. Esto favorece la aparición de deformaciones permanentes en los elementos portantes de la estructura. Dichas deformaciones, unidas a la pérdida de propiedades, hacen que el punto de rotura y colapso de la estructura sea mucho menor, siendo esto un riesgo para seguridad e integridad de personas y elementos. Por ello nacen las exigencias mínimas de resistencia al fuego para dichos elementos.

Todas estas limitaciones y requisitos que se exigen a este tipo de establecimientos hacen que existan diversas maneras de realizar cada construcción. Permite que haya establecimientos de grandes dimensiones

permitiendo el desarrollo de actividades muy voluminosas. pero que requerirán de muchos elementos de protección, subiendo el coste de construcción de manera considerable; en el lado opuesto nos encontraremos con edificaciones más pequeñas cuyo coste de construcción será menor pero que limitará el tipo de actividad que puede desarrollarse. La decisión dependerá del capital y actividad que realizará la empresa en la instalación, ya que lo que para una empresa es beneficioso, para otra puede no serlo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ESPAÑA, GOBIERNO DE.** *Real Decreto 2267/2004; Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI)*. 3 de Diciembre, 2004.
2. —. *Real Decreto 1942/1993; Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI)*. 5 de Noviembre, 1993.
3. —. *Real Decreto 2177/1996; Norma Básica de la Edificación*. 4 de Octubre, 1996.
4. —. *Orden que modifica las Normas de Procedimiento y desarrollo del Real Decreto 1942/1993*. 16 de Abril. 1998.
5. —. *Real Decreto 513/2017; Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios*. 22 de Mayo, 2017.
6. **FOMENTO, MINISTERIO DE.** *CTE-DB-SI; Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad en caso de Incendio; Aprobado por el RD 314/2006*. 16 de Marzo, 2006.
7. **ESPAÑA, GOBIERNO DE.** *Ley 21/1992 de Industria*. 16 de Julio, 1992.
8. **ENAC.** ENAC. *¿Qué es ENAC?* [En línea] [Citado el: 14 de Noviembre de 2022.] https://www.enac.es/web/enac/quienes-somos/-que-es-enac?p_p_id=MensajeCookie_WAR_Gestionportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_MensajeCookie_WAR_Gestionportlet_javax.portlet.action=aceptarTodas.
9. **AENOR.** *UNE 192005-2014, Procedimiento para la Inspección Reglamentaria de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales*. 2014.
10. **SIMECAL.** *Hojas de Toma de Datos para inspecciones según RSCIEI*. 2018.
11. **ESPAÑA, GOBIERNO DE.** *Real Decreto 379/2001; Reglamento de almacenamiento de productos químicos*. 6 de Abril de 2001.
12. —. *Real Decreto 312/2005, Clasificación de los productos de construcción y elementos constructivos*. 18 de Marzo, 2005.
13. **AENOR.** *UNE-EN 13501-1; Norma de Clasificación*. 2002.
14. —. *UNE 23727; Clasificación de los Materiales usados en la Construcción*. 1990.
15. **MARTA MENDOZA BELÍO, Ingeniera Técnica Industrial Química.** *CANALES SECTORIALES INTEREMPRESAS. Cambios introducidos por la nueva normativa*

vigente y su relación con el RD 379/2001 de Almacenamiento de Productos Químicos. [En línea] 22 de Marzo de 2010.

<https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/38727-Resistencia-al-fuego-para-almacenes-inflamables-El-sustituye-a-RF.html>.

16. **AENOR.** *UNE-EN 13501-2; UNE-EN 13501-2; Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de su comportamiento ante el fuego.* Mayo 2004.

17. —. *UNE 23093-1; Ensayos de Resistencia al Fuego.*

18. **ESPAÑA, GOBIERNO DE.** *Real Decreto 312/2005, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.* 18 de Marzo, 2005.

19. **AENOR.** *UNE 23034, Seguridad contra incendios, señalización de seguridad, vías de evacuación.* 1998.

20. —. *UNE 58011-2004; Almacenaje en estanterías metálicas. Clasificación. Definiciones. Terminología.* Diciembre de 2004.

21. —. *UNE-EN 15878-2011; Sistemas de almacenamiento en estanterías metálicas. Términos y definiciones.* Marzo de 2011.

22. —. *UNE 23007-14; Sistemas de detección y alarma de incendios; planificación, diseño, instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento.*

23. **EXTINTORES, LIDER.** *LIDER EXTINTORES. Cómo funciona un detector óptico.* [En línea] 2020. <https://liderextintores.com/como-funciona-un-detector-optico-de-humo/>.

24. —. *LIDER EXTINTORES. Cómo funciona un detector térmico.* [En línea] 5 de Septiembre de 2020. <https://liderextintores.com/como-funciona-un-detector-termico/>.

25. **AENOR.** *23405 y 23406; Hidrante de columna seca e hidrantes de columna húmeda.* Octubre, 1990.

26. —. *23400; Material de lucha contra incendio, Racores.*

27. —. *23091; Mangueras para la lucha contra incendios.*

28. —. *UNE-EN 14384:2006; Hidrantes de columna.* Diciembre, 2006.

29. —. *UNE 23407; Hidrantes bajo el nivel de tierra .* Noviembre, 1990.

30. —. *UNE-EN 14339:2006; Hidrantes contra incendios bajo tierra.* Junio, 2006.

31. **INCENDIOS, GRUPO DE.** *www.grupodeincendios.com.* [En línea] Septiembre de 2019. <https://grupodeincendios.com/wp-content/uploads/2019/09/Catalogo-fire-fighting-2019-muestra03.pdf>.
32. **AENOR.** *UNE-EN 12845; Sistemas fijos de lucha contra incendios; Sistema de rociadores automáticos; Diseño, instalación y mantenimiento.*
33. **BIFÁN IBÉRICA, Soluciones Globales de Protección.** *Extinción.* [En línea] <https://www.bifaniberica.com/extincion-de-incendios/agua-pulverizada/>.
34. **AENOR.** *UNE 23501-23507, Sistemas fijos de agua pulverizada.*
35. **PREFIRE.** <https://www.prefire.es/>. [En línea] [Citado el: 31 de Octubre de 2022.] <https://www.prefire.es/qds/PCI-Espuma-QDS.pdf>.
36. **SOLER, PREVENCIÓN Y SEGURIDAD.** Soler Prevención. *Sistemas de Extinción de Incendios.* [En línea] 24 de Mayo de 2016. [Citado el: 31 de Octubre de 2022.] <https://www.solerprevencion.com/noticias/sistemas-de-proteccion-contra-incendios/las-espumas-contra-incendios-que-papel-juegan/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20trabajan%20estas%20espumas%3F,provocando%20la%20extinci%C3%B3n%20del%20fuego..>
37. **BIO-EX.** Bio-Ex, High Performance Foams. [En línea] [Citado el: 31 de Octubre de 2022.] <https://www.bio-ex.com/es/conocimientos/aplicacion-en-expansion-baja-media-y-alta/>.
38. **AENOR.** *UNE 23521-23526; Sistemas de extinción por espuma física de baja densidad.*
39. —. *UNE-EN 13565-1 y 13565-2, Sistemas fijos de lucha contra incendios, sistemas espumantes.* Octubre, 2005.
40. —. *UNE-EN 1568-1 a 1568-4, Agentes extintores, concentrados de espuma.* 2005.
41. —. *UNE 23500; Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.*
42. **SERGIO, BLOG DE TUSOCAL.** Tusocal, Instalaciones Industriales. *Blog de Tusocal.* [En línea] 21 de Marzo de 2019. [Citado el: 31 de Octubre de 2022.] <https://www.tusocal.com/blog/sistemas-de-extincion-de-incendios-por-polvo-quimico-seco/>.
43. **AENOR.** *UNE-EN 12416-2; Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción por polvo. Diseño, construcción y mantenimiento.*
44. —. *UNE-EN 12416-1; Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción por polvo. Especificaciones.*

45. —. *UNE-EN 615, Protección contra incendios. Agentes extintores. Especificaciones para polvos extintores.* 2009.
46. —. *UNE-EN 15004-1; Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción mediante agentes gaseosos, Diseño, instalación y mantenimiento.* Septiembre, 2009.
47. —. *UNE 23033; Seguridad contra incendios, Señalización de seguridad .* Septiembre, 2018.
48. —. *UNE 23035; Seguridad contra incendios, Señalización fotoluminiscente.* Diciembre, 2003.
49. (IDES), INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA SEGURIDAD. *Densidad de carga de fuego de actividades industriales segun el R.D. 2267/2004.* Febrero, 2010.
50. KINERGY. KINERGY. [En línea] 24 de Abril de 2021. [Citado el: 25 de 03 de 2023.] <https://www.kin.energy/blogs/post/breve-historia-de-los-sistemas-de-extincion-a-base-de-agentes-limpios>.
51. CHACARREX. CHACARREX, Fire Protection & Safety Engineering Technology . [En línea] 12 de Febrero de 2019. [Citado el: 25 de 04 de 2023.] <https://www.chacarrex.com/gas-novec-1230-beneficios-y-aplicaciones/>.
52. SIMECAL. *Certificado Inspeccion RSCIEI.* 2022.
53. LUIS VEGA CATALÁN, Arquitecto. <https://www.andece.org/>. [En línea] Marzo de 2007. [Citado el: 26 de 03 de 2023.] https://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/fuego_buron_ieca.pdf.
54. FACULTAD INGENIERIA BUENOS AIRES. JORNADA AEI. [En línea] Septiembre de 2016. [Citado el: 26 de Marzo de 2023.] <https://jornadasaie.org.ar/jornadas-aie-antiores/2016/contenidos/trabajos/071.pdf>.
55. VILSSA, EQUIPO CONSTRUCCION DE. VILSSA. [En línea] 5 de Junio de 2013. [Citado el: 26 de Marzo de 2023.] <https://vilssa.com/el-acero-y-su-comportamiento-frente-al-fuego>.
56. RODRIGUEZ GALBARRO, HERMENEGILDO. INGEMECANICA. [En línea] [Citado el: 26 de Marzo de 2023.] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn107.html>.
57. Singh, Dr. Pankaj. IRJET. [En línea] Noviembre de 2018. [Citado el: 29 de Marzo de 2023.] <https://www.irjet.net/archives/V5/i11/IRJET-V5I1107.pdf>.
58. DEPARTMENT OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, TEXAS A&M UNIVERSITY. National Library of Medicine. [En línea] 22 de Junio de 2020. [Citado el: 29 de Marzo de 2023.]

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7345695/#:~:text=Based%20on%20the%20experimental%20data%20and%20the%20proposed%20mode%20of%20concrete,600%20%20C%20B0C%20%5B13%5D..>

59. CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, UNIVERSITY OF MOSUL. Iraqi Academic Scientific Journals. [En línea] 18 de Marzo de 2009. [Citado el: 29 de Marzo de 2023.]

<https://www.iasj.net/iasj/download/3a7a39f25335781a>.

60. OLSEN, DAVE. MetalTek International. [En línea] 23 de Noviembre de 2020. [Citado el: 29 de Marzo de 2023.]

<https://www.metaltek.com/blog/conductivity-in-metals/>.

61. FOMENTO, MINISTERIO DE. *Documento Básico de Seguridad Estructural del Código Técnico de la Edificación*. 2019.

62. ESPAÑA, GOBIERNO DE. *Cambios introducidos por la nueva normativa vigente y su relación con el RD 379/2001 de Almacenamiento de Productos Químicos*. Mayo, 2004.