



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN DE
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA
UNA EMPRESA DEL SECTOR MECÁNICO
INDUSTRIAL EN LA PROVINCIA DE
VALENCIA**

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

REALIZADO POR

JOSE GARCÍA SANJUÁN

TUTORIZADO POR

MARIA TERESA MIRA LLOSA

CURSO ACADÉMICO: 2020-2021

RESUMEN

El presente proyecto de fin de grado consiste en el diseño y cálculo del sistema de protección contra incendios en un almacén industrial ficticio ubicado en el Polígono Montroy en la provincia de Valencia. El contenido del mencionado almacén se corresponde con piezas de automóviles, concretamente, con neumáticos y piezas de carrocería.

Para la realización de este se tendrán en cuenta los sistemas de extinción de incendios recogidos en el Real Decreto 2267/2004, así como sus indicaciones para calcular el riesgo intrínseco del mismo y actuar en consecuencia de los resultados, lo que llevará a una instalación compuesta por BIEs, un sistema de rociadores y extintores de agua pulverizada.

Asimismo, el proyecto consta con un apéndice que explica el plan de evacuación de los trabajadores en caso de emergencia.

El proyecto consta de los siguientes apartados: memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto.

Palabras clave: incendio, riesgo intrínseco, BIEs, rociadores, evacuación

ABSTRACT

This final degree project consists of the design and calculation of the fire protection system in a fictitious industrial warehouse located in the Polígono Montroy in the province of Valencia. The contents of the aforementioned warehouse correspond to car parts, specifically, with tires and bodywork.

To carry out this, the fire extinguishing systems included in Royal Decree 2267/2004 will be taken into account, as well as its indications to calculate its intrinsic risk and act on the results, which will lead to a composite installation by BIEs, a system of water spray sprinklers and fire extinguishers.

Likewise, the project contains an appendix that explains the evacuation plan for workers in case of emergency.

The project consists of the following sections: memory, plans, specification sheet and budget.

Key words: fire, intrinsic risk, BIEs, fire extinguishers, evacuation

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| MEMORIA..... | 9 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| 1.1 PRESENTACIÓN DEL ALMACÉN..... | 10 |
| 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO..... | 10 |
| 2. OBJETO..... | 11 |
| 3. ANTECEDENTES..... | 11 |
| 3.1 RAZONES POR LAS QUE ES NECESARIO EL PRODUCTO..... | 11 |
| 3.2 EXIGENCIAS LEGALES..... | 11 |
| 3.3 NECESIDADES DE AMPLIACIÓN..... | 14 |
| 3.4 MEJORAR LA CALIDAD, LA FUNCIONALIDAD, MANTENIBILIDAD, FIABILIDAD O SEGURIDAD..... | 14 |
| 4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS..... | 15 |
| 5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA..... | 16 |
| 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ALMACÉN INDUSTRIAL..... | 16 |
| 5.2 NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO..... | 18 |
| 5.3 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DEL ALMACÉN..... | 23 |
| 5.3.1 UBICACIONES NO PERMITIDAS..... | 23 |
| 5.3.2 SECTORIZACIÓN..... | 24 |
| 5.3.3 MATERIALES..... | 25 |
| 5.3.4 ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS PORTANTES..... | 27 |
| 5.3.5 RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO..... | 28 |
| 5.3.6 VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS Y GASES DE LA COMBUSTIÓN EN EDIFICIOS INDUSTRIALES..... | 30 |
| 5.3.7 RIESGO DE INCENDIO FORESTAL..... | 31 |
| 5.4 REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES..... | 32 |
| 5.4.1 SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIO..... | 32 |
| 5.4.2 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS..... | 33 |
| 5.4.3 EXTINTORES DE INCENDIO..... | 34 |
| 5.4.3.1 DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES..... | 36 |
| 5.4.4 SISTEMAS DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIES)..... | 37 |
| 5.4.4.1 TIPO DE BIE Y NECESIDADES DE AGUA..... | 37 |
| 5.4.4.2 CÁLCULO DEL CAUDAL Y PRESIÓN DE LA INSTALACIÓN..... | 38 |
| 5.4.4.3 BIE A EMPLEAR..... | 47 |

| | |
|---|----|
| 5.4.5 SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA | 48 |
| 5.4.5.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE ROCIADORES DESFAVORABLES | 49 |
| 5.4.5.1.1 CLASIFICACIÓN DE RIESGOS Y SUPERFICIE MÁXIMA Y SEPARACIÓN DE ROCIADORES..... | 49 |
| 5.4.5.1.2 DENSIDAD DE DISEÑO Y ÁREA DE OPERACIÓN | 50 |
| 5.4.5.1.3 NÚMERO DE ROCIADORES..... | 51 |
| 5.4.5.2 CAUDAL MÍNIMO POR ROCIADOR Y CAUDAL TOTAL DE LA INSTALACIÓN | 52 |
| 5.4.5.3 CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE CAUDALES, PRESIONES Y VELOCIDADES | 52 |
| APÉNDICE I: SISTEMA DE EVACUACIÓN | 67 |
| 1. PLAN DE EMERGENCIA CONTRA INCENDIOS | 67 |
| 2. EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES | 69 |
| 3. SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA | 71 |
| 4. SEÑALIZACIÓN | 72 |
| 4.1 COLORES DE SEÑALIZACIÓN | 74 |
| 4.2 SEÑALES EN FORMA DE PANEL..... | 75 |
| 4.3 SEÑALES DE SALVAMENTO O SOCORRO..... | 75 |
| 4.4 SEÑALES LUMINOSAS | 76 |
| PLANOS | 78 |
| PLIEGO DE CONDICIONES..... | 84 |
| 1. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL | 85 |
| 1.1 OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES | 85 |
| 2. CONDICIONES TÉCNICAS | 85 |
| 2.1 MATERIALES | 85 |
| 2.1.1 PRODUCTOS CONSTRUCTIVOS | 85 |
| 2.1.2 APARATOS, EQUIPOS, SISTEMAS Y COMPONENTES | 86 |
| 3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS | 87 |
| 3.1 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD | 87 |
| 3.2 REVISIONES E INSPECCIONES PERIÓDICAS | 88 |
| PRESUPUESTO | 89 |
| ANEXO I: BIBLIOGRAFÍA..... | 92 |
| ANEXO II: INFORMACION PARA LA GESTION DOCUMENTAL PREVENTIVA EN LA EMPRESA | 98 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Modelo de edificio TIPO C según el Anexo I del R.D. 2267/2004..... | 18 |
| Figura 2. Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociado (acero y aluminio)..... | 20 |
| Figura 3. Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociado (neumáticos de automóviles)..... | 21 |
| Figura 4. Valores de coeficiente de peligrosidad por combustible..... | 22 |
| Figura 5. Tabla de niveles de riesgo intrínseco del R.D. 2267/2004..... | 23 |
| Figura 6. Máxima superficie admisible construida de cada sector de incendio según el Anexo II del R.D. 2267/2004..... | 24 |
| Figura 7. Clasificación nacional de reacción al fuego de los materiales según la NBECPI/96 y la Norma española UNE 23.727:1990 1R..... | 27 |
| Figura 8. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes según el Anexo II del R.D. 2267/2004..... | 28 |
| Figura 9. Perímetro de 25 metros alrededor del almacén ficticio..... | 31 |
| Figura 10. Pulsador de alarma de incendios cofem..... | 33 |
| Figura 11. Cuadro resumen para el cálculo del caudal (Q) y reserva (R) de agua cuando en una instalación coexisten varios sistemas de extinción..... | 34 |
| Figura 12. Agentes extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego..... | 35 |
| Figura 13. Tabla 3.1 del punto 8 del Anexo III del R.D. 2267/2004: Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A..... | 36 |
| Figura 14. Requisitos hidráulicos para la instalación de BIEs según el Anexo III del R.D. 2267/2004..... | 37 |
| Figura 15. Croquis de las BIEs del almacén..... | 40 |
| Figura 16. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 40 mm y QT= 200 l/min..... | 42 |
| Figura 17. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo B1-1)..... | 43 |
| Figura 18. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 50 mm y QT= 430 l/min..... | 44 |
| Figura 19. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 2-4)..... | 44 |

| | |
|---|----|
| Figura 20. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 50 mm y QT= 630 l/min..... | 45 |
| Figura 21. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 4-5)..... | 46 |
| Figura 22. Boca de incendio equipada de 45 mm (BIE-45) Modelo horizontal. | 47 |
| Figura 23. Separación para rociadores de techo según norma..... | 49 |
| Figura 24. Tabla A3: Ejemplos de Riesgo Extra Proceso del Anexo A de la norma UNE-EN 12845..... | 50 |
| Figura 25. Cobertura máxima y separación para rociadores diferentes de los de pared..... | 50 |
| Figura 26. Tabla 3 de la norma UNE-EN 12845: Densidad de diseño y área de operación para RL, RO y REP..... | 51 |
| Figura 27. Croquis de la instalación de rociadores vista desde arriba..... | 53 |
| Figura 28. Croquis de la instalación de rociadores vista desde un lado..... | 53 |
| Figura 29. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 25 mm y QT= 114 l/min..... | 56 |
| Figura 30. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 32 mm y QT= 232 l/min..... | 57 |
| Figura 31. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 50 mm y QT= 400 l/min..... | 58 |
| Figura 32. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 4-6A)..... | 59 |
| Figura 33. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 50 mm y QT= 485 l/min..... | 59 |
| Figura 34. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 6A-6)..... | 60 |
| Figura 35. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 65 mm y QT= 610 l/min..... | 61 |
| Figura 36. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 80 mm y QT= 1220 l/min..... | 62 |
| Figura 37. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 100 mm y QT= 2000 l/min..... | 63 |
| Figura 38. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 100 mm y QT= 2480 l/min..... | 64 |
| Figura 39. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 150 mm y QT= 203.496 l/h..... | 65 |
| Figura 40. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 11-12)..... | 66 |

| | |
|--|----|
| Figura 41. Plan de emergencia contra incendios..... | 68 |
| Figura 42. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios..... | 75 |
| Figura 43. Señales de salvamento o socorro..... | 76 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-------|
| Tabla 1. Cálculos hidráulicos para las BIEs..... | 41 |
| Tabla 2. Cálculos hidráulicos para los rociadores..... | 54-55 |
| Tabla 3. Colores de señalización..... | 74 |
| Tabla 4. Plan de emergencia y plan de autoprotección..... | 100 |

-CAPÍTULO 1-

MEMORIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN DEL ALMACÉN

Nos encontramos ante un almacén ubicado en una nave industrial (ficticia) ubicada en el Polígono Montroy de Valencia, Comunidad Valenciana, España (Camino Balletes). Las dimensiones de este son 50 m de largo, 30 m de ancho y 10 m de alto, y las paredes son de hormigón armado. El contenido del almacén se corresponde con piezas de automóviles, concretamente, con neumáticos (Runway Enduro Hp 205/55 R16 91 V) y piezas de carrocería (chapas de acero CQFD 500 x 250 mm y 1.5 mm de espesor y de aluminio Dameró 2000 x 1000 mm y espesor 2mm). Estamos ante una configuración de tipo C puesto que la actividad ocupa la totalidad del edificio y este se encuentra a al menos más de 3 m de otros edificios.

Los materiales se organizarán por secciones para una mayor organización, y se diseñará el sistema en función del riesgo intrínseco de estos. Debe tenerse en cuenta que la estación de bomberos más cercana se encuentra en Chiva, a unos 14 km de distancia.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Ingreso y retirada de los materiales antes mencionados a petición de las fábricas. Desde la entrada se recogerán o se dejarán los materiales para que un montacargas los lleve siguiendo una ruta hasta su sección correspondiente, divididas a lo largo de la fábrica. Del mismo modo, el montacargas transportará los pedidos por la misma ruta hasta la entrada para cargarlos en el camión. El almacén cuenta con tres montacargas, los cuales realizan ambas funciones. Por las mañanas sale el camión (la empresa de transporte es externa) a repartir los encargos a los clientes y por la tarde llegan de las fábricas las piezas a almacenar.

Hay un responsable del inventario general del almacén, y a su vez otros tres responsables subordinados por cada sección. Los trabajadores se distribuyen en dos turnos: unos para el horario de mañana y otros para el horario de tarde. Además, hay cuatro trabajadores por sección para ayudar a cargar y descargar las piezas en el montacargas y otros cuatro en la entrada para cargar o descargar los pedidos o las entradas. Finalmente, hay otro trabajador que se encarga de expender los productos a las empresas.

2. OBJETO

El presente proyecto de fin de grado tiene por objeto realizar el diseño y cálculo de la instalación de protección contra incendios en un almacén ficticio destinado al almacenamiento de piezas mecánicas. El almacén se encuentra en el Polígono Montroy, en el municipio de Valencia.

El objetivo de este documento es efectuar los cálculos y el diseño de dicha instalación frente a incendios cumpliendo con las directrices de las norma UNE, las Instrucciones Técnicas Complementarias pertinentes (ITC), el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RIPCI), y finalmente el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales del Real Decreto 2267/04 para garantizar la seguridad tanto de los trabajadores como de los bienes en caso de incendio, así como prevenir la aparición del mismo o responder debidamente en caso de que este se extienda.

3. ANTECEDENTES

3.1 RAZONES POR LAS QUE ES NECESARIO EL PRODUCTO

Los incendios en almacenes industriales suponen un peligro tanto para los trabajadores como para los bienes almacenados, que pueden suponer una pérdida tanto humana como material, así como daños estructurales. Además, dependiendo del contenido del almacén, el riesgo de incendio será mayor o menor, por lo que es importante conocer las actividades que acontecen en el mismo.

3.2 EXIGENCIAS LEGALES

Para satisfacer las necesidades propuestas, se deberá seguir lo indicado en las siguientes normativas:

-Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI) del R.D. 2267/2004. Aprobado en el Real Decreto el 3 de diciembre, la función de este reglamento es conseguir un grado de seguridad suficiente en caso de incendio tanto en los establecimientos como en las instalaciones industriales, además de prevenir la aparición de incendios y responder adecuadamente a estos en caso de que se produzcan, a fin de minimizar los daños que puedan ocasionarse a personas y mercancía.

En el Anexo I de dicho documento se caracterizan los establecimientos industriales relacionándolos con la seguridad contra incendios, mientras que en el Anexo II se recogen los requisitos constructivos de los lugares industriales en función de su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco. Finalmente, en el Anexo III se recogen los requisitos de las instalaciones de protección frente a incendios de los establecimientos industriales.

-Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI) del R.D. 513/2017. Este reglamento recoge todos los aspectos a considerar en relación al diseño, instalación y el mantenimiento de los sistemas de protección activa frente a incendios.

-R.D. 485/1997, del 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Cuenta con las disposiciones mínimas para la señalización de seguridad y salud en el trabajo.

-Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Su objetivo es promover seguridad y salud para los trabajadores aplicando medidas y desarrollar las actividades necesarias para la prevención de riesgos del trabajo a realizar.

-UNE 23502:1986. Sistemas fijos de agua pulverizada. Componentes del sistema.

-UNE 23585:2017. Seguridad contra incendios. Sistemas de control de humo y calor. Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos (SCTEH) en caso de incendio estacionario.

-UNE-EN 54-1:2011. Sistemas de detección y alarma de incendio. Parte 1: Introducción.

-UNE 23007-2:1998/1M:2008. Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 2: Equipos de control e indicación.

-UNE 23007-4:1998/2M:2007. Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 4: Equipos de suministro de alimentación.

-UNE 23007-14:2014. Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 14: Planificación, diseño, instalación, puesta en marcha, uso y mantenimiento.

-UNE 23032:2015. Seguridad contra incendios. Símbolos gráficos para su utilización en los planos de proyecto, planes de autoprotección y planos de evacuación.

-UNE 23033-1:2019. Señales y balizamiento de los sistemas y equipos de protección contra incendios.

-UNE 23034:1988. Seguridad contra incendios. Señalización de seguridad. Vías de evacuación.

-UNE 23035-1:2003. Seguridad contra incendios. Señalización fotoluminiscente. Parte 1: Medida y calificación.

-UNE 23035-2:2003. Seguridad contra incendios. Señalización fotoluminiscente. Parte 2: Medida de productos en el lugar de utilización.

-UNE 23035-3:2003. Seguridad contra incendios. Señalización fotoluminiscente. Parte 3: Señalizaciones y balizamientos luminiscentes.

-UNE 23035-4:2003. Seguridad contra incendios. Señalización fotoluminiscente. Parte 4: Condiciones generales. Mediciones y clasificación.

-UNE-EN 12845. Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento.

3.3 NECESIDADES DE AMPLIACIÓN

En caso de que el almacén reciba una nueva utilidad o cambiase el contenido de este, se deberá hacer de nuevo un estudio del riesgo intrínseco tanto de la nueva tarea a desarrollar como de los elementos combustibles siguiendo las indicaciones del R.D. 2267/2004 y compararlo con los niveles establecidos en este documento. Pueden darse los siguientes casos:

-Que el edificio se mantenga como está, por lo que solamente se tendrán en cuenta los nuevos combustibles dado que el edificio seguirá siendo el mismo.

-Que se añadan más habitaciones colindantes o plantas superiores o sótanos, en cuyo caso se deberá realizar cada aspecto del análisis debido al cambio del edificio.

En función del resultado del nuevo estudio, se deberá actuar en consecuencia, ya sea cambiando el tipo de extintores por el motivo que sea, o añadir nuevas tuberías y realizar nuevos cálculos para las instalaciones a implementar en caso de ser estas necesarias. Si el cambio del objetivo del almacén no fuera significativo desde el punto de vista del riesgo intrínseco, se podría mantener la instalación actual, pero siempre comprobando que el tipo de extintores sigue siendo adecuado. En caso negativo, se deberán cambiar únicamente estos extintores.

3.4 MEJORAR LA CALIDAD, LA FUNCIONALIDAD, MANTENIBILIDAD, FIABILIDAD O SEGURIDAD

El proyecto se realiza bajo la premisa de ser eficaz y eficiente, por lo que los cálculos nos indicarán la presión de agua necesaria y por tanto el caudal y el volumen necesario para cumplir con la normativa. Se podría no obstante mejorar la instalación sobredimensionando el volumen requerido de agua o el diámetro de las tuberías para mantener un mejor caudal para preocuparse menos del mantenimiento del sistema, pero nada de esto es realmente necesario y solamente influiría en el coste final de la instalación.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

-Almacén industrial: El **almacén** es una unidad de servicio y soporte en la estructura orgánica y funcional de una empresa **comercial** o **industrial** con objetivos bien definidos de resguardo, custodia, control y abastecimiento de materiales y productos.

-Incendio: Un **incendio** es una ocurrencia de fuego no controlada que puede afectar o abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos. La exposición de los seres vivos a un incendio puede producir daños muy graves hasta la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por la intoxicación y posteriormente quemaduras graves. Para que se inicie un fuego es necesario que se den conjuntamente tres componentes: combustible, oxígeno y calor o energía de activación, lo que se llama triángulo del fuego.

-Combustible: **Combustible** es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor. Supone la liberación de una energía de su forma potencial (energía de enlace) a una forma utilizable sea directamente (energía térmica) o energía mecánica (motores térmicos) dejando como residuo calor, dióxido de carbono y algún otro compuesto químico.

-Agente extintor: Sustancia que, gracias a sus propiedades físicas o químicas, se emplea para apagar el fuego.

-BIEs: Las **bocas de incendio equipadas**, más conocida por sus siglas BIEs, son un equipo completo de protección contra **incendios** que se dispone fijo en la pared y está conectado a la red de abastecimiento de agua.

-Rociadores: Los **rociadores o regadores automáticos** son un sistema de extinción de incendios. Generalmente forman parte de un sistema contra incendio basado en una reserva de agua para el suministro del sistema y una red de tuberías de la cual son elementos terminales. Por lo general se activan al detectar los efectos de un incendio, como el aumento de temperatura asociado al fuego, o el humo generado por la combustión.

-Hidrante: Un **hidrante de incendio, grifo o boca de incendio** es una toma de agua diseñada para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio. El agua puede obtenerse de la red urbana de abastecimiento o de un depósito, mediante una bomba. Hay 3 tipos: exterior, interior y de columna seca.

-Detector: Es el componente encargado de la detección del incendio y de activar las medidas para su control. Automáticamente el **detector**, sin necesidad de intervención humana, lleva a cabo su función de vigilancia del área **que** protege.

-Fotoluminiscencia: Emisión de luz como consecuencia de la absorción previa de una radiación, y se pueden localizar fácilmente en la oscuridad.

-RSCIEI: Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales.

-RIPCI: Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

-R.D.: Real Decreto.

-PCI: Protección Contra Incendios.

5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ALMACÉN INDUSTRIAL

Tal y como indica el **Artículo 12 del R.D. 2267/2004**: “Las condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos industriales, en relación con su seguridad contra incendios, estarán determinados por su configuración y ubicación con relación a su entorno y su nivel de riesgo intrínseco, fijados según se establece en el anexo I”.

Es por tanto el primer paso para el diseño del sistema de protección frente a incendios clasificar el almacén según los modelos que presenta el Real Decreto para obtener de este análisis los parámetros a tener en cuenta más adelante para el cálculo del nivel de riesgo intrínseco del edificio en cuestión. Siguiendo esta premisa, el punto 2.1 del Anexo I del R.D. 2267/2004 nos lista los distintos tipos de edificios industriales según su disposición:

-TIPO A: el establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya de otros usos.

-TIPO B: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos. Para establecimientos industriales que ocupen una nave adosada con estructura compartida con las contiguas, que en todo caso deberán tener cubierta independiente, se admitirá el cumplimiento de las exigencias correspondientes al tipo B, siempre que se justifique técnicamente que el posible colapso de la estructura no afecte a las naves colindantes.

-TIPO C: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

Como se puede apreciar en el plano de conjunto (p. 81) el almacén industrial ocupa casi la totalidad del edificio, y además este se encuentra a una distancia mayor a 3 metros de cualquier otra construcción (puede apreciarse en el plano de emplazamiento de la página 80), libre de elementos susceptibles de propagar un incendio. Por ello nos encontramos ante un edificio de **TIPO C** (Fig. 1).

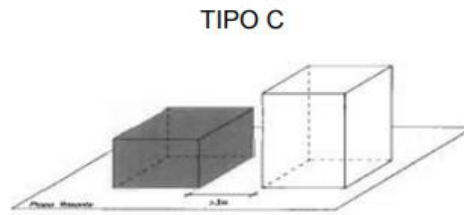


Figura 1. Modelo de edificio TIPO C según el Anexo I del R.D. 2267/2004.

5.2 NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Para los tipos A, B y C se considera «sector de incendio» el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

El nivel de riesgo intrínseco del almacén se evaluará mediante el cálculo de la siguiente expresión, que muestra la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de la zona a considerar:

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

Donde:

Q_s : densidad de la carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m^2 o Mcal/m^2 .

G_i : masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

q_i : poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg , de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C_i : coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

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

A : superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 .

Alternativamente, en el caso de actividades de almacenamiento como es el caso, se puede emplear la siguiente expresión:

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

Donde:

Q_s : densidad de la carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m^2 o Mcal/m^2 .

q_{vi} : carga de fuego, aportada por cada m^3 de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m^3 o Mcal/m^3 .

C_i : coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

h_i : altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.

s_i : superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m^2 .

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

A : superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 .

La carga de fuego por metro cúbico (q_{vi}), así como el coeficiente R_a podemos obtenerlos de la **tabla 1.2 del Anexo I del R.D. 2267/2004**:

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_a | | R_a | q_v | | R_a |
| | MJ/m ² | Mcal/m ² | | MJ/m ³ | Mcal/m ³ | |
| Abonos químicos | 200 | 48 | 1,5 | 200 | 48 | 1,0 |
| Aceites comestibles | 1.000 | 240 | 2,0 | 18.900 | 4.543 | 2,0 |
| Aceites comestibles, expedición | 900 | 216 | 1,5 | 18.900 | 4.543 | 2,0 |
| Aceites: mineral vegetal y animal | 1.000 | 240 | 2,0 | 18.900 | 4.543 | 2,0 |
| Acero | 40 | 10 | 1,0 | | | |
| Acero, agujas de | 200 | 48 | 1,0 | | | |
| Acetileno, llenado de botellas | 700 | 168 | 1,5 | | | |
| Ácido carbónico | 40 | 10 | 1,0 | | | |
| Ácidos inorgánicos | 80 | 19 | 1,0 | | | |
| Acumuladores | 400 | 96 | 1,5 | 800 | 192 | 1,5 |
| Acumuladores, expedición | 800 | 192 | 1,5 | | | |
| Agua oxigenada | Especial | Especial | Especial | | | |
| Alambre metálico aislado | 300 | 72 | 1,0 | 1.000 | 240 | 2,0 |
| Alambre metálico no aislado | 80 | 19 | 1,0 | | | |
| Alfarería | 200 | 48 | 1,0 | | | |
| Algodón en rama, guata | 300 | 72 | 1,5 | 1.100 | 264 | 2,0 |
| Algodón, almacén de | | | | 1.300 | 313 | 2,0 |
| Alimentación, embalaje | 800 | 192 | 1,5 | 800 | 192 | 1,5 |
| Alimentación, expedición | 1.000 | 240 | 2,0 | | | |
| Alimentación, materias primas | | | | 3.400 | 817 | 2,0 |
| Alimentación, platos precocinados | 200 | 48 | 1,0 | | | |
| Almacenes de talleres, etc. | 1.200 | 288 | 2,0 | | | |
| Almidón | 2.000 | 481 | 2,0 | | | |
| Alquitrán | | | | 3.400 | 817 | 2,0 |
| Alquitrán, productos de | 800 | 192 | 1,5 | 3.400 | 817 | 2,0 |
| Altos hornos | 40 | 10 | 1,0 | | | |
| Aluminio, producción de | 40 | 10 | 1,0 | | | |
| Aluminio, trabajo de | 200 | 48 | 1,0 | | | |
| Antigüedades, venta de | 700 | 168 | 1,5 | | | |
| Aparatos de radio, fabricación | 300 | 72 | 1,0 | 200 | 48 | 1,0 |
| Aparatos de radio, venta | 400 | 96 | 1,0 | | | |

Figura 2. Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociado (acero y aluminio).

| Actividad | Fabricación y venta | | | Almacenamiento | | |
|--|---------------------|---------------------|----------|-------------------|---------------------|-----|
| | Q _g | | Ra | Q _v | | Ra |
| | MJ/m ² | Mcal/m ² | | MJ/m ³ | Mcal/m ³ | |
| Materias sintéticas, soldadura de piezas | 700 | 168 | 1,5 | | | |
| Mecánica de precisión, taller | 200 | 48 | 1,0 | | | |
| Médica, consulta | 200 | 48 | 1,0 | | | |
| Medicamentos, embalaje | 300 | 72 | 1,0 | 800 | 192 | 1,5 |
| Medicamentos, venta | 800 | 192 | 1,5 | | 0 | |
| Melaza | | | | 5.000 | 1.202 | 2,0 |
| Mercería, venta | 700 | 168 | 1,5 | 1.400 | 337 | 2,0 |
| Mermelada | 800 | 192 | 1,5 | | | |
| Metales preciosos | 200 | 48 | 1,0 | | | |
| Metales, manufacturas en general | 200 | 48 | 1,0 | | | |
| Metálicas, grandes construcciones | 80 | 19 | 1,0 | | | |
| Minerales | 40 | 10 | 1,0 | | | |
| Mostaza | 400 | 96 | 1,0 | | | |
| Motocicletas | 300 | 72 | 1,0 | | | |
| Motores eléctricos | 300 | 72 | 1,0 | | | |
| Muebles de acero | 300 | 72 | 1,0 | | | |
| Muebles de madera | 500 | 120 | 1,5 | 800 | 192 | 1,5 |
| Muebles de madera, barnizado | 500 | 120 | 1,5 | | | |
| Muebles, barnizado de | 200 | 48 | 1,5 | | | |
| Muebles, carpintería | 600 | 144 | 1,5 | | | |
| Muebles, tapizado sin espuma sintética | 500 | 120 | 1,5 | 400 | 96 | 1,0 |
| Muebles, venta | 400 | 96 | 1,5 | | | |
| Muelles de carga con mercancías | 800 | 192 | 1,5 | | | |
| Municiones | Especial | Especial | Especial | 4.500 | 1.082 | 2,0 |
| Museos | 300 | 72 | 1,0 | | | |
| Música, tienda de | 300 | 72 | 1,0 | | | |
| Negro de humos, en sacos | | | | 12.600 | 3.029 | 2,0 |
| Neumáticos | 700 | 168 | 1,5 | 1.800 | 433 | 2,0 |
| Neumáticos de automóviles | 700 | 168 | 1,5 | 1.500 | 361 | 2,0 |
| Nitrocelulosa | Especial | Especial | Especial | 1.100 | 264 | 2,0 |
| Oficinas comerciales | 800 | 192 | 1,5 | | | |

Figura 3. Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociado (neumáticos de automóviles).

Como observamos en las figuras 2 y 3, **ni el acero ni el aluminio presentan estos valores en el apartado de almacenamiento**, por lo que no se tendrán en consideración para el cálculo.

Para el coeficiente C_i se buscarán los valores en la **tabla 1.2 del Anexo I del R.D. 2267/2004**:

Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i

| ALTA | MEDIA | BAJA |
|---|--|--|
| – Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 | – Líquidos clasificados como subclase B 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. | | |
| $C_i = 1,60$ | $C_i = 1,30$ | $C_i = 1,00$ |

Figura 4. Valores de coeficiente de peligrosidad por combustible.

Las temperaturas de combustión de los combustibles almacenados son las siguientes:

-Acero: 870 °C, por lo tanto, es un combustible de peligrosidad baja (>200 °C).

-Aluminio: 650 °C, también con peligrosidad baja (>200 °C).

-Neumáticos: al estar hechos de caucho, su temperatura de ignición se encuentra entre los 105 °C y los 140 °C, por lo que se consideran como peligrosidad media (**1,30**).

La altura de almacenamiento (h_i) son **3 m**.

Para el valor de s_i podemos comprobar en **el plano de planta del almacén** (p) que el área que ocupan neumáticos es de **468 m²**.

Por tanto, la expresión para el caso del almacén sería la siguiente:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} \cdot R_a = \frac{1500 \cdot 1,3 \cdot 3 \cdot 468}{1500} \cdot 2 = 3.650,4 \text{ MJ/m}^2$$

Por tanto, con estos datos y comparando con la **tabla 1.3 del R.D. 2267/2004**, podemos obtener el nivel del riesgo intrínseco:

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

Figura 5. Tabla de niveles de riesgo intrínseco del R.D. 2267/2004.

Como la densidad de carga Q_s es mayor que 3400 y menor que 6800 MJ/m², estamos en un caso de **riesgo intrínseco alto de nivel 6**.

5.3 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DEL ALMACÉN

5.3.1 UBICACIONES NO PERMITIDAS

Según el Anexo II del R.D. 2267/2004, existe una serie de ubicaciones no permitidas de sectores de incendios con actividad industrial. De todas ellas, solamente nos pueden preocupar dos de ellas, ya que el resto conciernen únicamente a edificios de Tipo A o Tipo B:

“g) De cualquier riesgo, en segunda planta bajo rasante en configuraciones de tipo A, de tipo B y de tipo C, según el anexo I.”

Como el almacén no se encuentra en segunda planta bajo rasante, cumple con esta condición.

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

En este caso, pese a encontrarse en nivel de riesgo intrínseco alto, al estar localizado en un polígono industrial, no hay masa forestal en las inmediaciones.

Por lo tanto, este almacén cumple con este apartado y es correcta su localización.

5.3.2 SECTORIZACIÓN

“Todo establecimiento industrial constituirá, al menos, un sector de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo A, tipo B o tipo C, o constituirá un área de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo D o tipo E, según el anexo I.” A continuación, se muestra la tabla 2.1 del Anexo II del R.D. 2267/2004 en la cual se establecen los valores máximos de superficie construida admisible de cada sector de incendio:

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

Figura 6. Máxima superficie admisible construida de cada sector de incendio según el Anexo II del R.D. 2267/2004.

“(3) Cuando se instalen sistemas de rociadores automáticos de agua que no sean exigidos preceptivamente por este reglamento (anexo III), las máximas superficies construidas admisibles, indicadas en la tabla 2.1, pueden multiplicarse por 2.”

“(4) En configuraciones de tipo C, si la actividad lo requiere, el sector de incendios puede tener cualquier superficie, siempre que todo el sector cuente con una instalación fija automática de extinción y la distancia a límites de parcelas con posibilidad de edificar en ellas sea superior a 10 m.”

En caso del almacén que nos ocupa, es un edificio de Tipo C con riesgo intrínseco alto de nivel 6, por lo que la máxima superficie permitida es de 3000 metros cuadrados, mayor que la superficie total del edificio de 1500 metros cuadrados. No rebasa por tanto los límites establecidos.

5.3.3 MATERIALES

“Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el mercado «CE».”

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

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

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

Los productos de construcción cuya clasificación conforme a la norma UNE 23727:1990 sea válida para estas aplicaciones podrán seguir siendo utilizados después de que finalice su período de coexistencia, hasta que se establezca una nueva regulación de la reacción al fuego para dichas aplicaciones basada en sus escenarios de riesgo específicos.

Para poder acogerse a esta posibilidad, los productos deberán acreditar su clase de reacción al fuego conforme a la normativa 23727:1990 mediante un sistema de evaluación de la conformidad equivalente al correspondiente al del mercado «CE» que les sea aplicable.

Productos de revestimientos: los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial deben ser:

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

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

Léase:

-Contribución a la propagación del fuego:

A1: No combustible; sin contribuir al fuego en grado máximo.

A2: No combustible; sin contribuir al fuego en grado menor.

B: Combustible con contribución muy limitada al fuego.

C: Combustible con contribución limitada al fuego.

D: Combustible con contribución media al fuego.

E: Combustible con contribución alta al fuego.

F: Sin clasificar.

-Opacidad de los humos producidos:

s1: Baja opacidad.

s2: Opacidad media.

s3: Alta opacidad.

-Caída de gotas o partículas inflamadas:

d0: No las produce.

d1: Las produce en grado medio.

d2: Las produce en grado alto.

-Según su aplicación:

Sin subíndice para materiales de techos y paredes.

Con subíndice FL: para materiales de suelos.

Con subíndice L: para materiales de aislamiento de tuberías y conducciones en general.

“Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, se considerarán de clase A1 (M0).”

| REACCIÓN AL FUEGO DE LOS MATERIALES | | | |
|-------------------------------------|-----------------|----------------|----------|
| CLASIFICACIÓN | características | | |
| | COMBUSTIBLE | INFLAMABILIDAD | |
| M0 | NO | NO | |
| M1 | SI | NO | |
| M2 | SI | SI | Moderada |
| M3 | SI | SI | Media |
| M4 | SI | SI | Alta |

Figura 7. Clasificación nacional de reacción al fuego de los materiales según la NBECPI/96 y la Norma española UNE 23.727:1990 1R.

En el caso del almacén, está hecho de materiales de clase M0 (hormigón armado para paredes, suelo de carácter pétreo, y estructura y vigas de acero con mortero de hormigón).

5.3.4 ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS PORTANTES

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

La estabilidad ante al fuego, exigible a los elementos constructivos portantes en los sectores de incendio de un establecimiento industrial, puede determinarse:

- 1.º Mediante la adopción de los valores que se establecen en este anexo II, apartado 4.1 o más favorable.
- 2.º Por procedimientos de cálculo, analítico o numérico, de reconocida solvencia o justificada validez.”

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante y escaleras que sean recorrido de evacuación no tendrá un valor inferior al indicado en la tabla 2.2 del Anexo II del R.D. 2267/2004 (Fig. 8).

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

Figura 8. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes según el Anexo II del R.D. 2267/2004.

En caso del almacén, un edificio de Tipo C con nivel de riesgo intrínseco ALTO sin planta sótano, hay que fijarse en la última celda de la tabla, donde indica un valor mínimo de EF-90. Dado que el hormigón armado tiene un valor EF-240, está por encima del límite y por tanto tiene una buena estabilidad al fuego. En cuanto a las vigas, ya que el acero es conductor del calor, se usa el revestimiento sólido con hormigón de baja densidad.

5.3.5 RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO

Sacado del Anexo II del R.D. 2267/2004: “Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador) se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones, durante el ensayo normalizado conforme a la norma que corresponda de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión:

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

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

- Estabilidad mecánica (o capacidad portante).
- Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.
- Aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establece la norma correspondiente.

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2, para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio.”

Nos encontramos en el mismo caso que en el apartado anterior, por lo que no hay ningún tipo de problema con los elementos de cerramiento de hormigón (EF-240>EF-90).

Además, “Todos los huecos, horizontales o verticales, que comuniquen un sector de incendio con un espacio exterior a él deben ser sellados de modo que mantengan una resistencia al fuego que no será menor de:

- a) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de compuertas de canalizaciones de aire de ventilación, calefacción o acondicionamiento de aire.
- b) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de mazos o bandejas de cables eléctricos.
- c) Un medio de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos no inflamables ni combustibles.
- d) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos inflamables o combustibles.
- e) Un medio de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de tapas de registro de patinillos de instalaciones.
- f) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de cierres practicables de galerías de servicios comunicadas con el sector de incendios.
- g) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de compuertas o pantallas de cierre automático de huecos verticales de manutención, descarga de tolvas o comunicación vertical de otro uso.”

5.3.6 VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS Y GASES DE LA COMBUSTIÓN EN EDIFICIOS INDUSTRIALES

En el apartado 7 del Anexo II del R.D. 2267/2004 encontramos que: “La eliminación de los humos y gases de la combustión, y, con ellos, del calor generado, de los espacios ocupados por sectores de incendio de establecimientos industriales debe realizarse de acuerdo con la tipología del edificio en relación con las características que determinan el movimiento del humo. Dispondrán de sistema de evacuación de humos:

b) Los sectores con actividades de almacenamiento:

2.º De riesgo intrínseco alto y superficie construida ≥ 800 Metros cuadrados.”

Es por tanto obligatorio que el almacén que nos ocupa cuente con un sistema de evacuación de humos dado que tiene un nivel de riesgo intrínseco alto y una superficie mayor a los 800 metros cuadrados.

“El diseño y ejecución de los sistemas de control de humos y calor se realizará de acuerdo con lo especificado en la norma UNE-23 585. En casos debidamente justificados se podrá utilizar otra normativa internacional de reconocido prestigio.”

Se recomienda ventilación forzada dado que al tratarse de un almacén es poco probable que haya ventanas u otras aberturas para que pueda existir una ventilación por dilución. Asimismo, en la mencionada norma aparecen entre las opciones de ventilación los exutorios, dispositivos para el control de la temperatura y evacuación de humos producidos en caso de incendio en los edificios, que crea automáticamente una apertura en la cubierta o fachada para permitir la evacuación natural de gases de combustión, calor y humos. La apertura de estos será de carácter automático al alcanzar cierto valor de temperatura.

Los **exutorios** deberán colocarse repartidos uniformemente en la parte alta del sector, ya sea en zonas altas de fachada o en cubierta y siempre atendiendo a lo especificado en la norma **UNE 23 585**, donde se nos marcan todas las pautas del diseño de este tipo de **sistemas de control de temperatura y evacuación de humos para establecimientos industriales** y comerciales. En caso del almacén, estarán colocados en la cubierta de este, favoreciendo así además la luminosidad del almacén mediante iluminación natural, y serán del tipo aireador de lamas.

5.3.7 RIESGO DE INCENDIO FORESTAL

La ubicación de industrias en terrenos colindantes con el bosque origina riesgo de incendio en una doble dirección: peligro para la industria, puesto que un fuego forestal la puede afectar, y peligro de que un fuego en una industria pueda originar un fuego forestal.

Cuando no se pueda disponer mínimo de dos vías de acceso alternativas, el acceso único debe finalizar en un cul-de-sac, de forma circular, de 12,5 m de radio.

Los establecimientos industriales de riesgo medio y alto ubicados cerca de una masa forestal han de mantener una franja perimetral de 25 m de anchura permanentemente libre de vegetación baja y arbustiva con la masa forestal esclarecida y las ramas bajas podadas.



Figura 9. Perímetro de 25 metros alrededor del almacén ficticio.

Como se puede apreciar en la Figura 9, el almacén no se encuentra cerca de ninguna masa forestal.

5.4 REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Damos paso al Anexo III del R.D. 2267/2004: “Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquél.

Los instaladores y mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios, a que se refiere el apartado anterior, cumplirán los requisitos que, para ellos, establece el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y disposiciones que lo complementan.”

5.4.1 SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIO

“Se instalarán sistemas manuales de alarma de incendio en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

b) Actividades de almacenamiento, si:

1.º Su superficie total construida es de 800 metros cuadrados o superior.

Cuando sea requerida la instalación de un sistema manual de alarma de incendio, se situará, en todo caso, un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.”

Será necesario incorporar sistemas manuales de alarma de incendio en el almacén. Ver los planos para comprobar la colocación de los pulsadores. Se emplearán los pulsadores de la marca cofem (Fig. 10).



Figura 10. Pulsador de alarma de incendios cofem.

5.4.2 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS

“Se instalará un sistema de abastecimiento de agua contra incendios («red de agua contra incendios»), si:

Cuando sea necesario para dar servicio, en las condiciones de caudal, presión y reserva calculados, a uno o varios sistemas de lucha contra incendios, tales como:

- red de bocas de incendio equipadas (BIEs)
- red de hidrantes exteriores
- rociadores automáticos

- agua pulverizada
- espuma

Cuando en una instalación de un establecimiento industrial coexistan varios de estos sistemas, el caudal y reserva de agua se calcularán considerando la simultaneidad de operación mínima que a continuación se establece, y que se resume en la tabla adjunta (Fig. 11).

Sistemas de BIE y de rociadores automáticos [1] + [3]:

- Caudal de agua requerido para rociadores automáticos (Q_{RA}).
- Reserva de agua necesaria para rociadores automáticos (R_{RA})."

| TIPO DE INSTALACIÓN | BIE [1] | | HIDRANTES [2] | ROCIADORES AUTOMÁTICOS [3] | AGUA PULVERIZADA [4] | ESPUMA [5] |
|----------------------------|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| [1] BIE | Q_B/R_B | | (a) Q_H/R_H (b) Q_B+Q_H/R_B+R_H $0,5 Q_H + Q_{RA} 0,5 R_H + R_{RA}$ | Q_{RA}/R_{RA} | | |
| [2] HIDRANTES | (a) Q_H/R_H (b) $Q_B + Q_H/R_B + R_H$ | $0,5 Q_H + Q_{RA} 0,5 R_H + R_{RA}$ | Q_H/R_H | Q mayor R mayor (una instal.) | $0,5 Q_H + Q_{AP}/0,5 R_H + R_{AP}$ $Q_{AP} + Q_E R_{AP} + R_E$ | Q mayor, R mayor (una instalación) |
| [3] ROCIADORES AUTOMÁTICOS | Q_{RA}/R_{RA} | | Q mayor R mayor (una instal.) | Q_{RA}/R_{RA} | Q mayor, R mayor (una instalación) | Q mayor, R mayor (una instalación) |
| AGUA PULVERIZADA [4] | | | $0,5 Q_H + Q_{AP}/0,5 R_H + R_{AP}$ | $Q_{AP} + Q_E$ | Q mayor, R mayor (una instalación) | $Q_{AP} + Q_E R_{AP} + R_E$ |
| ESPUMA [5] | | | Q mayor R mayor (una instal.) | $R_{AP} + R_E$ | Q mayor, R mayor (una instalación) | Q_E/R_E |

Figura 11. Cuadro resumen para el cálculo del caudal (Q) y reserva (R) de agua cuando en una instalación coexisten varios sistemas de extinción.

5.4.3 EXTINTORES DE INCENDIO

“Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales.

El agente extintor utilizado será seleccionado de acuerdo con la tabla I-1 del apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre (Fig. 12).”

| Agente extintor | Clase de fuego (UNE 23.010): | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------|
| | A (Sólidos) | B (Líquidos) | C (Gases) | D (Metales especiales) |
| Agua pulverizada | (2)xxx | x | | |
| Agua a chorro | (2)xx | | | |
| Polvo BC (convencional) | | xxx | xx | |
| Polvo ABC (polivalente) | xx | xx | xx | |
| Polvo específico metales | | | | xx |
| Espuma física | (2)xx | xx | | |
| Anhídrido carbónico | (1)x | x | | |
| Hidrocarburos halogenados | (1)x | xx | | |

Figura 12. Agentes extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego.

Donde:

-xxx: Muy adecuado

-xx: Adecuado

-x: Aceptable

NOTAS:

(1) En fuegos poco profundos (profundidad inferior a 5 mm) puede asignarse xx.

(2) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma; el resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado en UNE 23.110.

Dado que los combustibles del almacén son todos de clase A (sólidos), y la zona accesible del almacén no se encuentra expuesta a tensiones eléctricas, lo más adecuado será utilizar extintores de agua pulverizada.

5.4.3.1 DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES

| Grado de riesgo intrínseco del sector de incendio | Eficacia mínima del extintor | Área máxima protegida del sector de incendio |
|---|------------------------------|---|
| Bajo | 21A | Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso). |
| Medio | 21A | Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso). |
| Alto | 34A | Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso). |

Figura 13. Tabla 3.1 del punto 8 del Anexo III del R.D. 2267/2004: Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A.

Tal y como se aprecia en la figura 13, la eficacia mínima de los extintores portátiles de agua pulverizada con un nivel de riesgo intrínseco alto será de 34A y deberá cubrir hasta 300 metros cuadrados, añadiendo un extintor más por cada 200 metros cuadrados en exceso.

“El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m. La dotación estará de acuerdo con lo establecido en los apartados anteriores, excepto el recorrido máximo hasta uno de ellos, que podrá ampliarse a 25 m.”

Para cumplir con las exigencias de este apartado, será necesario colocar al menos 5 extintores portátiles para que siempre haya uno accesible a una distancia mínima de 15 metros en horizontal. La ubicación de los extintores puede observarse en el plano de instalación contra incendios de la página 82.

Será obligatorio verificar que los extintores se encuentran cargados en todo momento, sin deterioro y que se encuentran a la vista y accesibles, así como llevar a cabo las labores de mantenimiento pertinentes con el fin de conseguir una mayor eficacia en su utilización* (Real Decreto 1942/1993). Además, deberán proporcionarse conocimientos básicos de la utilización de estos a todo el personal del establecimiento.

*Se recomienda asignar un responsable de comprobar de forma periódica y al margen de las revisiones obligatorias el buen estado de funcionamiento de los agentes extintores que no forman parte de una instalación (en este caso los extintores) para asegurar que no hayan sido saboteados/desatendidos, etc.

5.4.4 SISTEMAS DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIES)

“Se instalarán sistemas de bocas de incendio equipadas en los sectores de incendio de los establecimientos industriales si:

e) Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 metros cuadrados o superior.”

5.4.4.1 TIPO DE BIE Y NECESIDADES DE AGUA

“Además de los requisitos establecidos en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, para su disposición y características se cumplirán las siguientes condiciones hidráulicas:

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

Figura 14. Requisitos hidráulicos para la instalación de BIEs según el Anexo III del R.D. 2267/2004.

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

En este caso debido al nivel alto de riesgo intrínseco, será obligatorio el uso de bocas de incendio equipadas de diámetro 45 mm, y los cálculos se harán partiendo de la situación más desfavorable que establece una simultaneidad de 3 BIEs funcionando al mismo tiempo durante 90 minutos. La disposición de estas se puede apreciar en los planos (p.82).

“El caudal unitario será el correspondiente a aplicar a la presión dinámica disponible en la entrada de la BIE, cuando funcionen simultáneamente el número de BIE indicado, el factor «K» del conjunto, proporcionado por el fabricante del equipo. Los diámetros equivalentes mínimos serán 10 mm para BIE de 25 y 13 mm para las BIE de 45 mm. Se deberá comprobar que la presión en la boquilla no sea inferior a dos bar ni superior a cinco bar, y, si fuera necesario, se dispondrán dispositivos reductores de presión”.

Además, deberá cumplirse la siguiente normativa en cuanto a la colocación de las BIEs:

- La distancia entre BIEs no puede ser superior a los 50 metros.
- Ningún punto del local se encontrará a más de 25 metros de la BIE más próxima (tienen una longitud de 20 m más 5 m de alcance del chorro de agua).
- Mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.
- Se instalarán a una distancia máxima de 5 m de las puertas de los edificios, las salidas del sector de incendios, medida sobre un recorrido de evacuación, sin que constituyan obstáculos para su utilización.
- Las BIEs de 45 mm. se colocarán como máximo a 1,50 m desde el suelo hasta el centro de la devanadera. Esta altura en este tipo de hidrante coincidirá con la manivela de apertura de la puerta (si la tuviera).
- La BIE deberá montarse sobre un soporte rígido, de forma que la boquilla y la válvula de apertura manual y el sistema de apertura del armario, si existen, estén situadas, como máximo, a 1,50 m sobre el nivel del suelo.

5.4.4.2 CÁLCULO DEL CAUDAL Y PRESIÓN DE LA INSTALACIÓN

Para realizar los cálculos hidráulicos de la instalación de las BIEs se empleará la ecuación de Hazen-Williams, utilizada particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados, es decir, que trabajan a presión. Esta fórmula es ideal para los cálculos de este tipo de instalaciones y es por ello que se emplea de forma recurrente.

Como se menciona en el apartado anterior, la instalación estará compuesta por 3 BIEs DN 45 mm, con un caudal de 200 l/min y p=3 bar. Las tuberías empleadas serán de acero (C=120) puesto que son las más indicadas para este tipo de instalaciones. Para impedir que la velocidad del agua supere los 5 metros por segundo, los tramos 2-4 y 4-5 tendrán un diámetro de 50 mm. Para el resto de la instalación se emplearán tuberías de diámetro 40 mm.

El caudal total necesario para abastecer a estas 3 BIEs en un uso simultáneo será el siguiente:

$$\begin{aligned} Q_T &= n^{\circ} \text{ de BIEs} \cdot Q_{BIE.45} \cdot \text{tiempo de autonomía} = \\ &= 3 \cdot 200 \frac{l}{min} \cdot 90 \text{ min} = 54.000 \text{ l} \end{aligned}$$

Serán necesarios mínimo 54.000 litros de suministro de agua solamente para el uso de las BIEs.

A continuación se puede observar un croquis de la ubicación de las BIEs, que ayudará a realizar los cálculos:

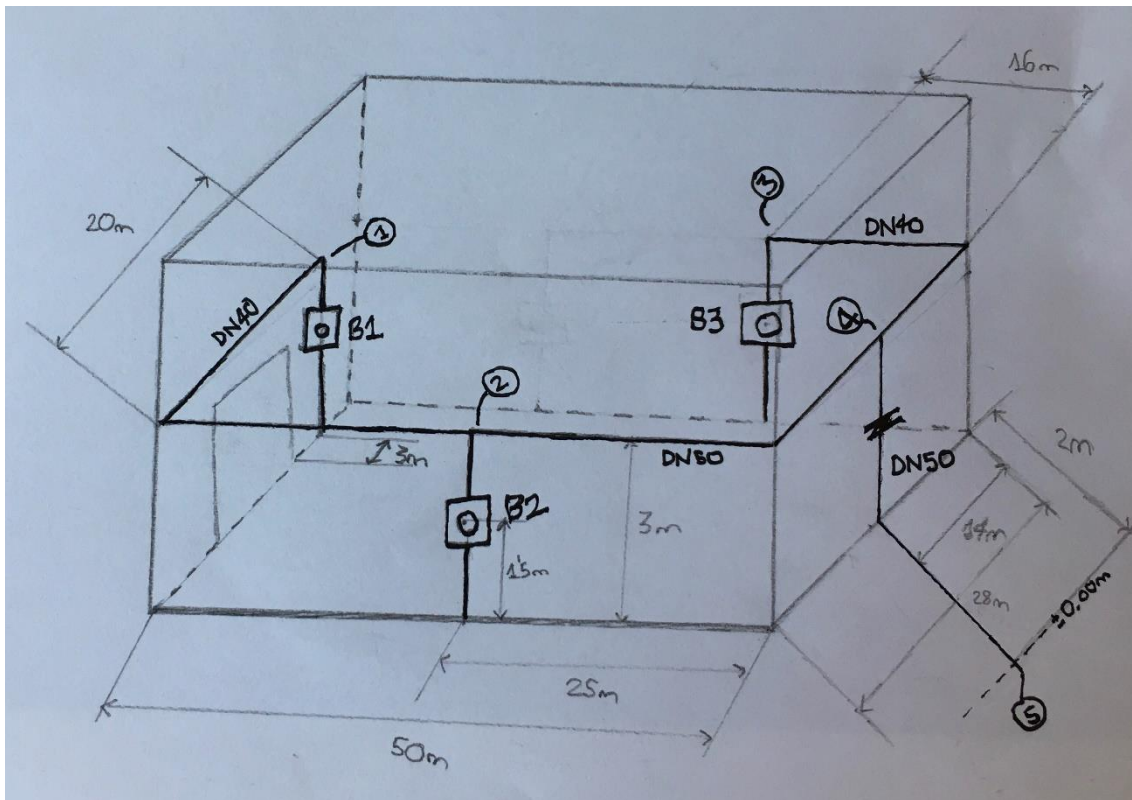


Figura 15. Croquis de las BIEs del almacén.

La fórmula de Hazen-Williams nos permite conocer las pérdidas de carga de agua en tramos, por lo que tendremos que analizar el circuito hidráulico de esta forma. La forma correcta de realizar el cálculo dada una simultaneidad de 3 BIEs será calcular por un lado desde el punto 1 hasta el punto 4 pasando por el 2 y después a ese caudal y presión sumarle los obtenidos desde el punto 3 hasta el punto 4. Finalmente, desde el punto 4 repetiremos el proceso hasta el punto 5, que es la fuente que suministra el caudal de agua necesario.

| Tramos | Puntos de descarga | Caudales (l/min) | Ø Tuberías (mm) y velocidades (m/s) | Accesorios y válvulas | Longitud (m) | Presiones (bar) | | Notas |
|----------------|--------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------|--|--|
| | | | | | | Pérdidas (bar/m) | P_t : Presión necesaria entrada | |
| | | | | | | | P_a : Pérdidas por altura | |
| M: Medida | P_c : Pérdidas | | | | | | | |
| E: Equivalente | | | | | | | | |
| T: Total | | | | | | | | |
| B1-1 | 1 | Q= 200 | 40 | 1C= 1,22 | M= 1,5 E= 1,22 T= 2,72 | 0,01982 | $P_t= 3$ $P_a= -0,15$ $P_c= 0,0539104$ $P_{Total}= 2,9039104$ | $P_a= 1,5$ m/10 Las pérdidas por altura son negativas porque van a favor de la gravedad. $P_c=$ Pérdidas (bar/m) · Total (m) |
| | | QT= 200 | v= 2,429 | | | | | |
| 1-2 | 1 | Q= - | 40 | 1C= 1,22 | M= 45 E= 1,22 T= 46,22 | 0,01982 | $P_t= 2,9039104$ $P_a= -$ $P_c= 0,9160804$ $P_{Total}= 3,8199908$ | $K = Q/\sqrt{P}$ $= \frac{200}{\sqrt{2,9039104}}$ $= 117,363$ |
| | | QT= 200 | v= 2,429 | | | | | |
| 2-4 | 2 | Q=229,383598 | 50 | 1C= 1,46 1T= 2,91 | M= 39 E= 4,37 T= 43,37 | 0,02570 | $P_t= 3,8199908$ $P_a= -$ $P_c= 1,114609$ $P_{Total}= 4,9345998$ | $Q = K \cdot \sqrt{P}$ $= 117,363$ $\cdot \sqrt{3,8199908}$ $= 229,383598$ |
| | | QT=429,383598 | v= 3,248 | | | | | |
| B3-3 | 1 | | | | | | | Igual que el tramo B1-1 |
| 3-4 | 1 | Q= - | 40 | 1C= 1,22 | M= 30 E= 1,22 T= 31,22 | 0,01982 | $P_t= 2,9039104$ $P_a= -$ $P_c= 0,6187804$ $P_{Total}= 3,5226908$ | |
| | | QT= 200 | v= 2,429 | | | | | |
| 4-5 | 3 | Q= - | 50 | 1C= 1,46 1T= 2,91 1V= 16,43 | M= 5 E= 20,8 T= 25,8 | 0,05210 | $P_t= 8,4572906$ $P_a= +0,3$ $P_c= 1,34418$ $P_{Total}= 10,1014706$ | QT= 429,383598 (tramo 2-4) + 200 (tramo 3-4) $P_t= 4,9345998$ (tramo 2-4) + 3,5226908 (tramo 3-4) $P_a=$ Las pérdidas por altura son positivas porque van en contra de la gravedad. |
| | | QT= 629,383598 | v= 4,759 | | | | | |

Tabla 1. Cálculos hidráulicos para las BIEs.

A continuación se muestran los valores recogidos de las tablas y columnas de valores de pérdidas según el diámetro de la tubería y de longitudes equivalentes de los accesorios.

Tramo B1-1

En el tramo B1-1 tenemos una tubería de DN-40 mm, con un caudal de 200 l/min y un accesorio: un codo. Observando las figuras 16 y 17 se comprueba que se emplea el valor más desfavorable para cada situación para sobredimensionar los cálculos. Las pérdidas por altura se calculan dividiendo la longitud en vertical del tramo por la gravedad (se aproxima su valor de 9,8 a 10 m/s^2). En caso de que el agua fluya hacia abajo, se tiene en cuenta que la gravedad está ayudando, por lo que las pérdidas son negativas.

TABLA DE PERDIDAS DE CARGA
(SEGUN HAZEN & WILLIAMS)
Y VELOCIDADES EN TUBERIAS

16

TUBERIA DIN 2440

DIAMETRO NOMINAL: 40 mm

DIAMETRO INTERNO: 41.8 mm

| CAUDAL (l/min) | PERDIDA DE CARGA (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 174.0 | 0.02146 | 0.01532 | 0.01152 | 2.113 |
| 176.0 | 0.02192 | 0.01564 | 0.01176 | 2.138 |
| 178.0 | 0.02238 | 0.01597 | 0.01201 | 2.162 |
| 180.0 | 0.02285 | 0.01631 | 0.01226 | 2.186 |
| 182.0 | 0.02332 | 0.01664 | 0.01251 | 2.210 |
| 184.0 | 0.02380 | 0.01698 | 0.01277 | 2.235 |
| 186.0 | 0.02428 | 0.01733 | 0.01303 | 2.259 |
| 188.0 | 0.02476 | 0.01767 | 0.01329 | 2.283 |
| 190.0 | 0.02525 | 0.01802 | 0.01355 | 2.308 |
| 192.0 | 0.02575 | 0.01838 | 0.01382 | 2.332 |
| 194.0 | 0.02625 | 0.01873 | 0.01408 | 2.356 |
| 196.0 | 0.02675 | 0.01909 | 0.01435 | 2.380 |
| 198.0 | 0.02726 | 0.01945 | 0.01463 | 2.405 |
| 200.0 | 0.02777 | 0.01982 | 0.01490 | 2.429 |
| 202.0 | 0.02828 | 0.02019 | 0.01518 | 2.453 |
| 204.0 | 0.02880 | 0.02056 | 0.01546 | 2.478 |
| 206.0 | 0.02933 | 0.02093 | 0.01574 | 2.502 |
| 208.0 | 0.02986 | 0.02131 | 0.01602 | 2.526 |

Figura 16. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 40 mm y QT= 200 l/min.

| Accesorios y válvulas | Longitud equivalente de la tubería recta de acero (C=120)* | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | m | | | | | | | | | | |
| | Diámetro nominal (mm) | | | | | | | | | | |
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Codo roscado 90° (normal) | 0,63 | 0,77 | 1,04 | 1,22 | 1,46 | 1,89 | 2,37 | 3,04 | 4,30 | 5,67 | 7,42 |
| 90° Codo soldado (r/d=1,5) | 0,30 | 0,36 | 0,49 | 0,56 | 0,69 | 0,88 | 1,10 | 1,43 | 2,00 | 2,64 | 3,35 |
| Codo roscado 45° (normal) | 0,34 | 0,40 | 0,55 | 0,66 | 0,76 | 1,02 | 1,27 | 1,61 | 2,30 | 3,05 | 3,99 |
| Te roscada normal o cruz (con cambio de sentido del flujo) | 1,25 | 1,54 | 2,13 | 2,44 | 2,91 | 3,81 | 4,75 | 6,10 | 8,61 | 11,34 | 14,85 |
| Válvula de compuerta | - | - | - | - | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,81 | 1,13 | 1,50 | 1,97 |
| Válvula de alarma o retención (tipo clapeta) | - | - | - | - | 2,42 | 3,18 | 3,94 | 5,07 | 7,17 | 9,40 | 12,30 |
| Válvula de alarma o retención (tipo seta) | - | - | - | - | 12,00 | 18,91 | 19,71 | 25,46 | 35,88 | 47,27 | 61,05 |
| Válvula de mariposa | - | - | - | - | 2,19 | 2,86 | 3,55 | 4,56 | 6,38 | 8,62 | 9,90 |
| Válvula de esfera (osificado) | - | - | - | - | 16,43 | 21,64 | 26,80 | 34,48 | 48,79 | 64,29 | 84,11 |

*Estas longitudes equivalentes se pueden convertir, en su caso, para tuberías con diferentes valores C, multiplicando por los siguientes factores:

| | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|------|
| C | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Factor | 0,714 | 0,85 | 1,00 | 1,16 | 1,33 |

Figura 17. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo B1-1).

Tramo 1-2

Este tramo mantiene el diámetro de la tubería de 40 mm y el caudal se mantiene igual. También hay un codo.

Tramo 2-4

En este tramo se añade un nuevo punto de descarga, por lo que el caudal varía. Para calcularlo, empleamos la relación entre caudal, presión y el factor K. Este factor se puede calcular en el tramo anterior ya que conocemos ambos valores, y al ser el mismo para la misma rama y conociendo su presión necesaria a la entrada, se obtiene el nuevo caudal. Con este nuevo caudal de aproximadamente 430 l/min y aumentando el diámetro de la tubería a 50 mm, obtenemos los valores siguientes para las pérdidas y velocidad (Fig. 18). Asimismo, en este tramo coinciden un codo y una T (Fig. 19).

TABLA DE PERDIDAS DE CARGA
(SEGUN HAZEN & WILLIAMS)
Y VELOCIDADES EN TUBERIAS

TUBERIA DIN 2440

DIAMETRO NOMINAL: 50 mm

DIAMETRO INTERNO: 53 mm

| CAUDAL (l/min) | PERDIDA DE CARGA (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 400.0 | 0.03150 | 0.02248 | 0.01690 | 3.022 |
| 405.0 | 0.03223 | 0.02301 | 0.01730 | 3.060 |
| 410.0 | 0.03297 | 0.02353 | 0.01769 | 3.097 |
| 415.0 | 0.03372 | 0.02407 | 0.01810 | 3.135 |
| 420.0 | 0.03448 | 0.02461 | 0.01850 | 3.173 |
| 425.0 | 0.03524 | 0.02515 | 0.01891 | 3.211 |
| 430.0 | 0.03601 | 0.02570 | 0.01932 | 3.248 |
| 435.0 | 0.03679 | 0.02626 | 0.01974 | 3.286 |
| 440.0 | 0.03758 | 0.02682 | 0.02016 | 3.324 |
| 445.0 | 0.03837 | 0.02739 | 0.02059 | 3.362 |

Figura 18. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 50 mm y QT= 430 l/min.

| Accesorios y válvulas | Longitud equivalente de la tubería recta de acero (C=120)* m | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Diámetro nominal (mm) | | | | | | | | | | |
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Codo roscado 90° (normal) | 0,63 | 0,77 | 1,04 | 1,22 | 1,46 | 1,89 | 2,37 | 3,04 | 4,30 | 5,67 | 7,42 |
| 90° Codo soldado (r/d=1,5) | 0,30 | 0,36 | 0,49 | 0,56 | 0,69 | 0,88 | 1,10 | 1,43 | 2,00 | 2,64 | 3,35 |
| Codo roscado 45° (normal) | 0,34 | 0,40 | 0,55 | 0,66 | 0,76 | 1,02 | 1,27 | 1,61 | 2,20 | 3,05 | 3,09 |
| Te roscada normal o cruz (con cambio de sentido del flujo) | 1,25 | 1,54 | 2,13 | 2,44 | 2,91 | 3,81 | 4,75 | 6,10 | 8,61 | 11,34 | 14,85 |
| Válvula de compuerta | - | - | - | - | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,81 | 1,13 | 1,50 | 1,97 |
| Válvula de alarma o retención (tipo clapeta) | - | - | - | - | 2,42 | 3,18 | 3,94 | 5,07 | 7,17 | 9,40 | 12,30 |
| Válvula de alarma o retención (tipo seta) | - | - | - | - | 12,00 | 18,91 | 19,71 | 25,46 | 35,88 | 47,27 | 61,85 |
| Válvula de mariposa | - | - | - | - | 2,19 | 2,86 | 3,55 | 4,56 | 6,38 | 8,62 | 9,90 |
| Válvula de esfera (oscilante) | - | - | - | - | 16,43 | 21,64 | 26,80 | 34,48 | 48,79 | 64,29 | 84,11 |

*Estas longitudes equivalentes se pueden convertir, en su caso, para tuberías con diferentes valores C, multiplicando por los siguientes factores:
C 100 110 120 130 140
Factor 0,714 0,85 1,00 1,16 1,33

Figura 19. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 2-4).

Tramo B3-3

Este tramo es exactamente el mismo que el tramo B1-1.

Tramo 3-4

Dado que desde el punto 4 el caudal se divide para abastecer tanto las BIEs 1 y 2 como la 3, debemos calcular el caudal que se deriva a esta otra rama. Como era de esperarse, los valores son parecidos a los del tramo 1-2, ya que la única diferencia entre ambos tramos es la longitud medida.

Tramo 4-5

Este es el último tramo que conecta el punto 4 del que parten los caudales hacia las dos ramas de BIEs con el suministro de agua. El caudal y la presión totales son la suma de los caudales y presiones totales de los tramos 2-4 y 3-4, y su diámetro vuelve a ampliarse a 50 mm para evitar altas velocidades (se intenta mantener por debajo de los 5 m/s). En este tramo hay una T, un codo y una válvula, así como pérdidas por altura (esta vez positivas dado que la gravedad no está favoreciendo el flujo de agua). Una vez más se obtienen los valores requeridos tomando el más conflictivo (Fig. 20 y 21).

**TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA
(SEGUN HAZEN & WILLIAMS)
Y VELOCIDADES EN TUBERIAS**

TUBERIA DIN 2440

DIAMETRO NOMINAL: 50 mm

DIAMETRO INTERNO: 53 mm

| CAUDAL (l/min) | PÉRDIDA DE CARGA (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 615.0 | 0.06982 | 0.04983 | 0.03746 | 4.646 |
| 620.0 | 0.07087 | 0.05058 | 0.03803 | 4.684 |
| 625.0 | 0.07193 | 0.05134 | 0.03860 | 4.722 |
| 630.0 | 0.07300 | 0.05210 | 0.03917 | 4.759 |
| 635.0 | 0.07407 | 0.05287 | 0.03975 | 4.797 |
| 640.0 | 0.07516 | 0.05364 | 0.04033 | 4.835 |

Figura 20. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 50 mm y QT= 630 l/min.

| Accesorios y válvulas | Longitud equivalente de la tubería recta de acero (C=120)* | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | m | | | | | | | | | | |
| | Diámetro nominal (mm) | | | | | | | | | | |
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Codo roscado 90° (normal) | 0,63 | 0,77 | 1,04 | 1,22 | 1,46 | 1,89 | 2,37 | 3,04 | 4,30 | 5,67 | 7,42 |
| 90° Codo soldado (r/d=1,5) | 0,30 | 0,36 | 0,49 | 0,56 | 0,69 | 0,88 | 1,10 | 1,43 | 2,00 | 2,64 | 3,35 |
| Codo roscado 45° (normal) | 0,34 | 0,40 | 0,55 | 0,66 | 0,76 | 1,02 | 1,27 | 1,61 | 2,30 | 3,05 | 3,99 |
| Te roscada normal o cruz (con cambio de sentido del flujo) | 1,25 | 1,54 | 2,13 | 2,44 | 2,91 | 3,81 | 4,75 | 6,10 | 8,61 | 11,34 | 14,85 |
| Válvula de compuerta | - | - | - | - | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,81 | 1,13 | 1,50 | 1,97 |
| Válvula de alarma o retención (tipo clapeta) | - | - | - | - | 2,42 | 3,18 | 3,94 | 5,07 | 7,17 | 9,40 | 12,30 |
| Válvula de alarma o retención (tipo seta) | - | - | - | - | 12,00 | 18,91 | 19,71 | 25,46 | 35,88 | 47,27 | 61,85 |
| Válvula de mariposa | - | - | - | - | 2,19 | 2,86 | 3,55 | 4,56 | 6,38 | 8,62 | 9,90 |
| Válvula de esfera (osificado) | - | - | - | - | 16,43 | 21,64 | 26,80 | 34,48 | 48,79 | 64,29 | 84,11 |

*Estas longitudes equivalentes se pueden convertir, en su caso, para tuberías con diferentes valores C, multiplicando por los siguientes factores:

| | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|------|
| C | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Factor | 0,714 | 0,85 | 1,00 | 1,16 | 1,33 |

Figura 21. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 4-5).

De la tabla 1 se obtiene que el caudal real de las BIEs es de 629,383598 ≈ 630 l/min. Con este valor se obtiene el valor real del caudal total que será necesario proporcionar para abastecer al almacén industrial.

$$Q_{T.BIEs} = Q_{BIE.45.real} \cdot tiempo\ de\ autonomía = 630 \frac{l}{min} \cdot 90\ min = 56.700\ l$$

Dado que el sistema se encuentra comunicado a la red de suministro de agua municipal, no es necesario el uso de depósitos externos o bombas.

5.4.4.3 BIE A EMPLEAR



Modelo horizontal

- Armario horizontal 650 x 510 x 175 mm, ventilación lateral, orificios de anclaje.
- Devanadera circular de tubo de Ø350 mm, pintada en rojo epoxi-poliéster RAL-3000.
- Válvula de asiento angular Ø45 mm en latón cromado.
- Lanza de triple efecto tipo variomatic.
- Racores barcelona Ø45 mm según norma UNE 23400 “uso ligero”.

Figura 22. Boca de incendio equipada de 45 mm (BIE-45) Modelo horizontal.

Se recomienda que se utilice siempre por dos personas como mínimo. En primer lugar, se desplazará la manguera completamente al lugar requerido, y se sujetará con fuerza para a continuación abrir totalmente la llave de suministro. Cuando empiece a salir el agua, se debe regular la lanza según la necesidad de acercamiento al fuego. La BIE de 45, al tener la manguera plana, implica que haya que desplegarla en toda su longitud antes de abrir la válvula de paso de agua.

Igual que con los extintores, se debe llevar un control de mantenimiento para asegurar que en todo momento se encuentran en perfecto estado de funcionamiento, sin deterioro alguno, con el fin de conseguir la mayor eficacia en su utilización (Real Decreto 1942/1993).

5.4.5 SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA

“Se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

b) Actividades de almacenamiento si:

5.º Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 metros cuadrados o superior.”

Por lo tanto, al tratarse de un almacén de tipo C con una superficie de 1500 metros cuadrados, el R.D. 2267/2004 obliga a que exista un sistema de rociadores automáticos de agua.

Los rociadores automáticos se activan a través de un componente que rompe con la temperatura, dejando paso al agua para que cumpla su función de extinción. Solamente se pondrán en marcha aquellos rociadores que se encuentren en el área del incendio, ya que son los que sufren el efecto de las altas temperaturas. Se empleará un sistema de tubería húmeda, puesto que tiene una respuesta rápida al estar en todo momento las tuberías llenas de agua presurizada que se descarga inmediatamente por las boquillas rotas. Del mismo modo que ocurre con las BIEs, está conectado a la red de suministro de agua de uso público del municipio.

El tipo de rociador a emplear será el rociador convencional colgante con ampolla de vidrio frágil y disolución alcohólica de color rojo, que rompe a una temperatura de 68 °C y cuyo factor K es de 80. Asimismo, su distribución será del tipo normal (Fig. 23).

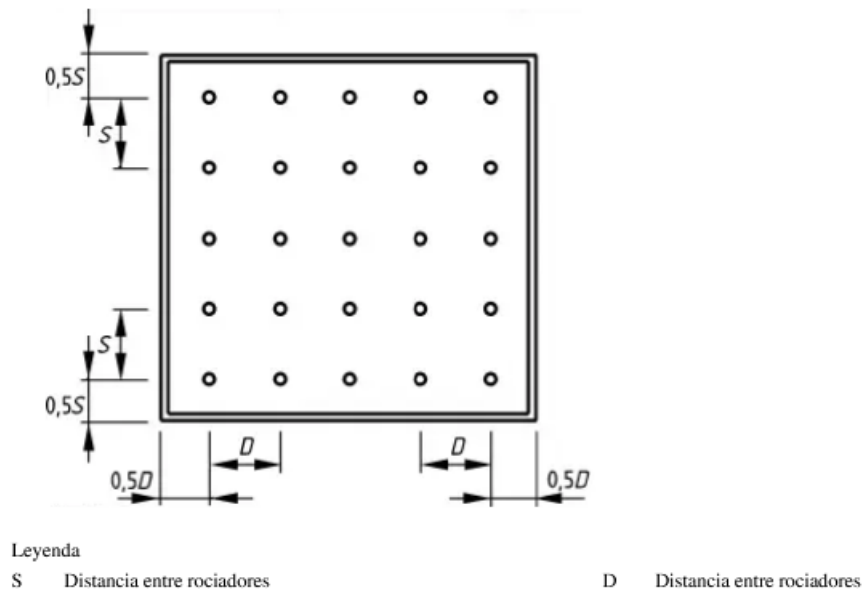


Figura 23. Separación para rociadores de techo según norma UNE-EN 12845.

5.4.5.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE ROCIADORES DESFAVORABLES

Este cálculo permite más adelante obtener el caudal mínimo por rociador para los cálculos hidráulicos de caudales y presiones (de nuevo empleando la fórmula de Hazen & Williams) y el caudal total de la instalación. Este resultado no se corresponde con el número total de rociadores que existirán en la instalación, la cual se puede apreciar en los planos.

5.4.5.1.1 CLASIFICACIÓN DE RIESGOS Y SUPERFICIE MÁXIMA Y SEPARACIÓN DE ROCIADORES

En el Anexo A de la norma UNE-EN 12845 se encuentran las tablas de clasificación de riesgos para tener en cuenta a la hora de realizar el cálculo del número de rociadores de la instalación. Como se aprecia en la figura 24, en este caso debido a la presencia de neumáticos de caucho es un caso de Riesgo Extra Proceso 3 (REP3).

| REP1 | REP2 | REP3 | REP4 |
|--|---|---|------------------------------------|
| Fabricación de tejido para suelo y linóleo | Fabricación de encendedores | Fabricación de nitrato de celulosa | Fabricación de fuegos artificiales |
| Fabricación de resina, negro de humo y aguarrás | Destilación de alquitrán | Neumáticos de caucho para coches y camiones | |
| Fabricación de caucho sintético | Depósitos de autobuses, camiones y vagones de ferrocarril descargados | Fabricación de material de factor m3 (véase la tabla B.1), espumas plásticas, espumas de caucho y artículos de espuma de caucho (excluyendo m4, véase la tabla B.1) | |
| Fabricación de lana de madera | Fábricas de cera y parafina para velas | | |
| Fabricación de cerillas | Salas de máquinas de papel | | |
| Talleres de aplicación de pintura con disolvente | Fábricas de moquetas incluyendo caucho y espumas plásticas | | |
| Fábricas de frigoríficos | | | |
| Imprentas | | | |

Figura 24. Tabla A3: Ejemplos de Riesgo Extra Proceso del Anexo A de la norma UNE-EN 12845.

Viendo que el almacén es un caso de REP3, según la tabla 19 de la norma UNE-EN 12845, la superficie máxima que deberá cubrir cada rociador es de 9 metros cuadrados. Asimismo, la distancia entre rociadores (tanto S como D dada la configuración normal) será de 3,7 metros (Figura 25).

| Clase de riesgo | Superficie máxima por rociador | Distancias máximas como se muestran en la figura 8 | | |
|------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|------------|
| | | m | | |
| | m ² | Distribución normal | Distribución al tresbolillo | |
| | | S y D | S | D |
| RL | 21,0 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| RO | 12,0 | 4,0 | 4,6 | 4,0 |
| REP y REA | 9,0 | 3,7 | 3,7 | 3,7 |

Figura 25. Cobertura máxima y separación para rociadores diferentes de los de pared.

5.4.5.1.2 DENSIDAD DE DISEÑO Y ÁREA DE OPERACIÓN

En la norma UNE-EN 12845 encontramos los valores de densidad de diseño y área de operación para los rociadores:

| Clase de riesgo | Densidad de diseño mm/min | Área de operación m ² | |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| | | Mojada o acción previa | Seca o alterna |
| RL | 2,25 | 84 | No permitida Se usa RO1 |
| RO1 | 5,0 | 72 | 90 |
| RO2 | 5,0 | 144 | 180 |
| RO3 | 5,0 | 216 | 270 |
| RO4 | 5,0 | 360 | No permitida Se usa REPI |
| REPI | 7,5 | 260 | 325 |
| REP2 | 10,0 | 260 | 325 |
| REP3 | 12,5 | 260 | 325 |
| REP4 | diluvio (véase la NOTA) | | |

NOTA Necesita consideración especial. Los sistemas de diluvio no están cubiertos por esta norma.

Figura 26. Tabla 3 de la norma UNE-EN 12845: Densidad de diseño y área de operación para RL, RO y REP.

Dado que el almacén está clasificado en REP3 según su riesgo, la densidad de diseño y el área de operación a tener en cuenta serán 12,5 mm/min y 260 metros cuadrados respectivamente, siendo este segundo valor condicionado al sistema de tubería húmeda.

5.4.5.1.3 NÚMERO DE ROCIADORES

El cálculo del número de rociadores más desfavorables para después realizar los cálculos hidráulicos viene condicionado por el área de operación y la superficie máxima por rociador de estos.

$$N^{\circ} \text{ Rociadores} = \frac{\text{Área de operación}}{\text{Superficie máxima por rociador}} = \frac{260 \text{ m}^2}{9 \text{ m}^2} = 28,88 \text{ rociadores}$$

Como el número de rociadores debe ser un entero, se redondea el valor obtenido al entero superior, por lo que para el cálculo se realizará para el área cubierta por 29 rociadores.

5.4.5.2 CAUDAL MÍNIMO POR ROCIADOR Y CAUDAL TOTAL DE LA INSTALACIÓN

El caudal mínimo por rociador que se tendrá en cuenta para los cálculos hidráulicos viene dado por la siguiente expresión:

$$Q_{\text{mín.rociador}} = \text{Superficie máxima por rociador} \cdot \text{densidad de diseño}$$

$$Q_{\text{mín.rociador}} = 9 \text{ m}^2 \cdot 12,5 \text{ mm/min} = 112,5 \text{ l/min}$$

Por otra parte, el caudal total teórico de la instalación de rociadores automáticos será:

$$Q_T = N^{\circ} \text{ Rociadores} \cdot Q_{\text{mín.rociador}} = 29 \cdot 112,5 = 3.262,5 \text{ l/min}$$

5.4.5.3 CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE CAUDALES, PRESIONES Y VELOCIDADES

Los cálculos hidráulicos se realizarán mediante la fórmula de Hazen & Williams tomando en cuenta los 29 rociadores más desfavorables y con un caudal de 112,5 l/min en la boquilla de cada rociador. Para agilizar los cálculos, se tomará una rama y se obtendrá el factor K del conjunto para obtener el caudal total de todas las ramas (Tabla 2).

El factor K empleado será el de los rociadores (80). Con ello obtendremos la presión necesaria en la boca de los rociadores:

$$P_t = \left(\frac{Q_{\text{mín.rociador}}}{K} \right)^2 = \left(\frac{112,5}{80} \right)^2 = 1,977 \text{ bar}$$

A continuación se muestra el croquis empleado para la realización de los cálculos, marcando el área más desfavorable que cubren los 29 rociadores a tener en cuenta (Fig. 27 y 28).

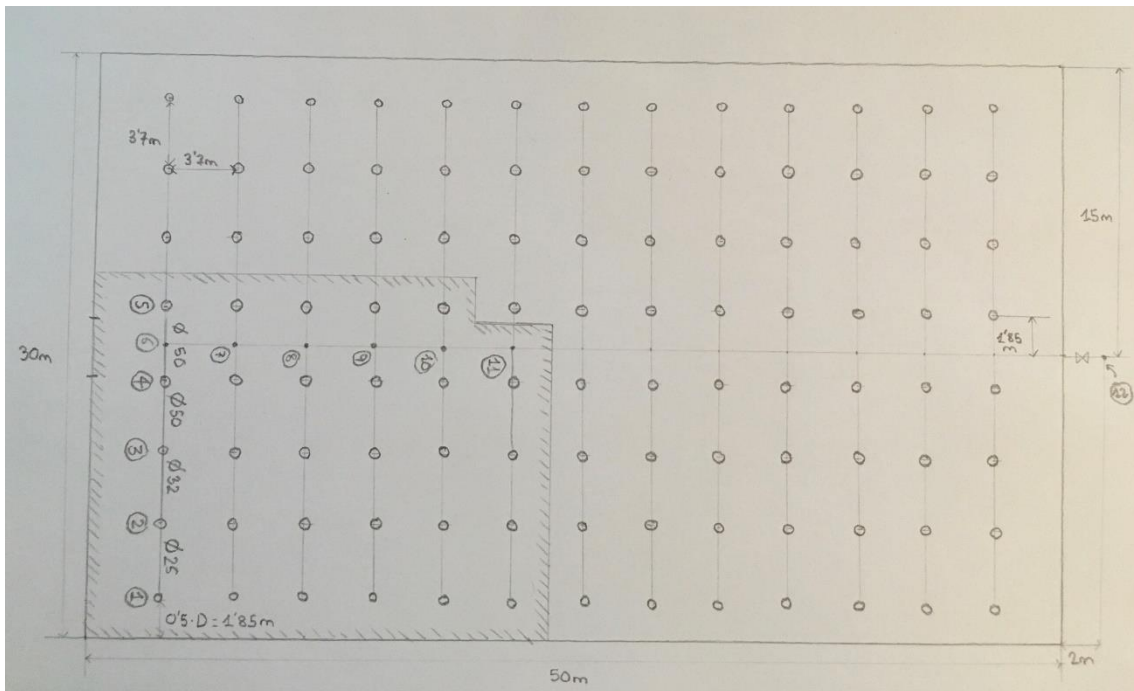


Figura 27. Croquis de la instalación de rociadores vista desde arriba.

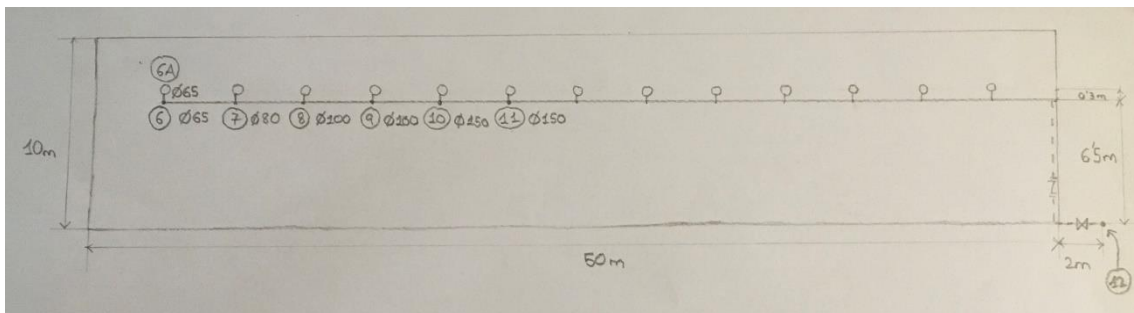


Figura 28. Croquis de la instalación de rociadores vista desde un lado.

| Tramos | Puntos de descarga | Caudales (l/min) | Ø Tuberías (mm) y velocidades (m/s) | Accesorios y válvulas | Longitud (m) | Presiones (bar) | | | Notas |
|--------|--------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|--|---|-------|
| | | | | | | Pérdidas (bar/m) | P _t : Presión necesaria entrada | | |
| | | | | | | | P _a : Pérdidas por altura | P _c : Pérdidas | |
| 1-2 | 1 | Q= 112,5 | 25 | | M= 3,7 E= - T= 3,7 | 0,05678 | P _t = 1,977 P _a = - P _c = 0,210086 P _{Total} = 2,187086 | P _c = Pérdidas (bar/m) · Total (m) | |
| | | QT= 112,5 | v= 3,270 | | | | | | |
| 2-3 | 2 | Q= 118,31 | 32 | | M= 3,7 E= - T= 3,7 | 0,05472 | P _t = 2,187086 P _a = - P _c = 0,202464 P _{Total} = 2,38955 | $q_2 = K \cdot \sqrt{P}$ = 80 · $\sqrt{2,187086}$ = 118,310399 | |
| | | QT= 230,81 | v= 3,820 | | | | | | |
| 3-4 | 3 | Q= 123,67 | 50 | | M= 3,7 E= - T= 3,7 | 0,02248 | P _t = 2,38955 P _a = - P _c = 0,083176 P _{Total} = 2,472726 | $q_3 = K \cdot \sqrt{P} = 80 \cdot \sqrt{2,38955} = 123,665355$ | |
| | | QT= 354,47 | v= 3,022 | | | | | | |
| 4-6A | 4 | Q= 125,8 | 50 | 1T= 2,91 | M= 1,85 E= 2,91 T= 4,76 | 0,03211 | P _t = 2,472726 P _a = - P _c = 0,1528436 P _{Total} = 2,6255696 | $q_4 = K \cdot \sqrt{P} = 80 \cdot \sqrt{2,472726} = 125,799231$ | |
| | | QT= 480,26 | v= 3,664 | | | | | | |
| 6A-6 | 5 | Q= 125,8 | 65 | 1T= 3,81 | M= 0,3 E= 3,81 T= 4,11 | 0,01377 | P _t = 2,6255696 P _a = +0,03 P _c = 0,0565947 P _{Total} = 2,7121543 | q ₄ = q ₅ ya que están a la misma distancia de 6 ^a . P _a positiva porque va en contra de la gravedad | |
| | | QT= 606,06 | v= 2,735 | | | | | | |
| 6-7 | 5 | Q= - | 65 | | M= 3,7 E= - T= 3,7 | 0,01377 | P _t = 2,7121543 P _a = - P _c = 0,0565947 P _{Total} = 2,768749 | $K_{RM1} = \frac{Q}{\sqrt{P}}$ = $\frac{606,06}{\sqrt{2,7121543}} = 368$ | |
| | | QT= 606,06 | v= 2,735 | | | | | | |
| 7-8 | 10 | Q= 612,33 | 80 | | M= 3,7 E= - T= 3,7 | 0,02270 | P _t = 2,768749 P _a = - P _c = 0,08399 P _{Total} = 2,852739 | $q_{RM2} = K_R \cdot \sqrt{P} = 368 \cdot \sqrt{2,768749} = 612,335745$ | |
| | | QT= 1.218,39 | v= 3,965 | | | | | | |
| 8-9 | 15 | Q= 621,55 | 100 | | M= 3,7 E= - T= 3,7 | 0,01559 | P _t = 2,852739 P _a = - P _c = 0,057683 P _{Total} = 2,910422 | $q_{RM3} = K_R \cdot \sqrt{P} = 368 \cdot \sqrt{2,852739} = 621,553961$ | |
| | | QT= 1.839,94 | v= 3,828 | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-------|----|--------------|----------|---|----------------------------------|----------|--|--|
| 9-10 | 20 | Q= 627,9 | 100 | | M= 3,7 E= - T= 3,7 | 0,02322 | $P_t = 2,910422$ $P_a = -$ $P_c = 0,085914$ $P_{Total} = 2,996336$ | $q_{RM4} = K_R \cdot \sqrt{P} = 368 \cdot \sqrt{2,910422} = 627,90649$ |
| | | QT= 2.467,74 | v= 4,746 | | | | | |
| 10-11 | 25 | Q= 367 | 150 | | M= 3,7 E= - T= 3,7 | 0,005883 | $P_t = 2,996336$ $P_a = -$ $P_c = 0,0217671$ $P_{Total} = 3,0181031$ | $q_{RM5} = K_R \cdot \sqrt{P} = 368 \cdot \sqrt{2,996336} = 637$ |
| | | QT= 3.104,74 | v= 3,2 | | | | | |
| 11-12 | 29 | Q= 138,98 | 150 | 2C= 2·4,30 1T= 8,61 V. mariposa= 6,38 V. alarma= 35,88 | M= 38,15 E= 59,44 T= 97,59 | 0,005883 | $P_t = 3,0181031$ $P_a = +0,65$ $P_c = 0,57412197$ $P_{Total} = 4,24222507$ | $q_{29} = K \cdot \sqrt{P}$ $= 80 \cdot \sqrt{3,0181031}$ $= 138,981509$ |
| | | QT= 3.243,72 | v= 3,2 | | | | | |

Tabla 2. Cálculos hidráulicos para los rociadores.

Del mismo modo que se hizo con la instalación de BIEs, a continuación se detalla la obtención de los datos empleados por tramos para los cálculos hidráulicos.

TRAMO 1-2

Con un caudal de 112,5 l/min y un diámetro de tubería de acero (C=120) de 25 mm, se obtiene el valor de la velocidad del agua y las pérdidas continuas en bar/m (Fig. 29).

TUBERÍA DIN 2440

DIAMETRO NOMINAL: 25 mm
DIAMETRO INTERNO: 27.2 mm

| CAUDAL (l/min) | P E R D I D A D E C A R G A (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|-------------------------------------|----------------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 88.0 | 0.04928 | 0.03517 | 0.02645 | 2.524 |
| 90.0 | 0.05138 | 0.03667 | 0.02757 | 2.581 |
| 92.0 | 0.05351 | 0.03819 | 0.02871 | 2.639 |
| 94.0 | 0.05568 | 0.03974 | 0.02988 | 2.696 |
| 96.0 | 0.05789 | 0.04132 | 0.03106 | 2.754 |
| 98.0 | 0.06014 | 0.04292 | 0.03227 | 2.811 |
| 100.0 | 0.06243 | 0.04456 | 0.03350 | 2.868 |
| 102.0 | 0.06476 | 0.04622 | 0.03475 | 2.926 |
| 104.0 | 0.06713 | 0.04791 | 0.03602 | 2.983 |
| 106.0 | 0.06954 | 0.04963 | 0.03732 | 3.040 |
| 108.0 | 0.07198 | 0.05138 | 0.03863 | 3.098 |
| 110.0 | 0.07447 | 0.05315 | 0.03996 | 3.155 |
| 112.0 | 0.07699 | 0.05495 | 0.04132 | 3.212 |
| 114.0 | 0.07956 | 0.05678 | 0.04269 | 3.270 |
| 116.0 | 0.08216 | 0.05864 | 0.04409 | 3.327 |
| 118.0 | 0.08480 | 0.06052 | 0.04550 | 3.385 |
| 120.0 | 0.08748 | 0.06243 | 0.04694 | 3.442 |
| 122.0 | 0.09019 | 0.06437 | 0.04840 | 3.499 |
| 124.0 | 0.09295 | 0.06634 | | |

Figura 29. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 25 mm y QT= 114 l/min.

TRAMO 2-3

De aquí en adelante se calculará el caudal de los tramos mediante la expresión que relaciona el caudal con la presión mediante el factor K, dado que este varía al encontrar puntos de descarga. Los valores de H&W son los siguientes:

DIAMETRO NOMINAL: 32 mm

DIAMETRO INTERNO: 35.9 mm

| CAUDAL (l/min) | P E R D I D A D E C A R G A (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|-------------------------------------|----------------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 174.0 | 0.04503 | 0.03213 | 0.02416 | 2.865 |
| 176.0 | 0.04599 | 0.03282 | 0.02468 | 2.898 |
| 178.0 | 0.04696 | 0.03351 | 0.02520 | 2.931 |
| 180.0 | 0.04794 | 0.03421 | 0.02573 | 2.964 |
| 182.0 | 0.04893 | 0.03492 | 0.02626 | 2.997 |
| 184.0 | 0.04993 | 0.03563 | 0.02679 | 3.030 |
| 186.0 | 0.05094 | 0.03635 | 0.02733 | 3.063 |
| 188.0 | 0.05196 | 0.03708 | 0.02788 | 3.095 |
| 190.0 | 0.05298 | 0.03781 | 0.02843 | 3.128 |
| 192.0 | 0.05402 | 0.03855 | 0.02899 | 3.161 |
| 194.0 | 0.05507 | 0.03930 | 0.02955 | 3.194 |
| 196.0 | 0.05612 | 0.04005 | 0.03011 | 3.227 |
| 198.0 | 0.05718 | 0.04081 | 0.03069 | 3.260 |
| 200.0 | 0.05826 | 0.04158 | 0.03126 | 3.293 |
| 202.0 | 0.05934 | 0.04235 | 0.03184 | 3.326 |
| 204.0 | 0.06043 | 0.04313 | 0.03243 | 3.359 |
| 206.0 | 0.06153 | 0.04392 | 0.03302 | 3.392 |
| 208.0 | 0.06264 | 0.04471 | 0.03361 | 3.425 |
| 210.0 | 0.06376 | 0.04551 | 0.03421 | 3.458 |
| 212.0 | 0.06489 | 0.04631 | 0.03482 | 3.491 |
| 214.0 | 0.06603 | 0.04712 | 0.03543 | 3.524 |
| 216.0 | 0.06717 | 0.04794 | 0.03605 | 3.557 |
| 218.0 | 0.06833 | 0.04876 | 0.03667 | 3.589 |
| 220.0 | 0.06949 | 0.04960 | 0.03729 | 3.622 |
| 222.0 | 0.07066 | 0.05043 | 0.03792 | 3.655 |
| 224.0 | 0.07185 | 0.05128 | 0.03855 | 3.688 |
| 226.0 | 0.07304 | 0.05213 | 0.03919 | 3.721 |
| 228.0 | 0.07424 | 0.05298 | 0.03984 | 3.754 |
| 230.0 | 0.07545 | 0.05385 | 0.04049 | 3.787 |
| 232.0 | 0.07667 | 0.05472 | 0.04114 | 3.820 |
| 234.0 | 0.07789 | 0.05559 | 0.04180 | 3.853 |
| 236.0 | 0.07913 | 0.05647 | 0.04246 | 3.886 |

Figura 30. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 32 mm y QT= 232 l/min.

Como se puede apreciar, siempre se toma un valor al alza para asegurar que todo funcione correctamente en caso de niveles anómalos de caudal por encima del necesario.

TRAMO 3-4

TABLA DE PERDIDAS DE CARGA
(SEGUN HAZEN & WILLIAMS)
Y VELOCIDADES EN TUBERIAS

TUBERIA DIN 2440

DIAMETRO NOMINAL: 50 mm

DIAMETRO INTERNO: 53 mm

| CAUDAL (l/min) | PERDIDA DE CARGA (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 400.0 | 0.03150 | 0.02248 | 0.01690 | 3.022 |
| 405.0 | 0.03223 | 0.02301 | 0.01730 | 3.060 |
| 410.0 | 0.03297 | 0.02353 | 0.01769 | 3.097 |
| 415.0 | 0.03372 | 0.02407 | 0.01810 | 3.135 |

Figura 31. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 50 mm y QT= 400 l/min.

TRAMO 4-6A

En este punto la rama converge con la tubería principal que recorre todo el largo de la nave y de la cual surgen todas las demás ramas por el camino. Encuentra pues una T (Fig. 32), ya que del mismo punto sale otra rama simétrica en la que se encuentra el punto 5 (que al estar a la misma distancia del punto 6ª que el punto 4, comparten caudal).

| Accesorios y válvulas | Longitud equivalente de la tubería recta de acero (C=120) ^a | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | m | | | | | | | | | | |
| | Diámetro nominal (mm) | | | | | | | | | | |
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Codo roscado 90° (normal) | 0,63 | 0,77 | 1,04 | 1,22 | 1,46 | 1,89 | 2,37 | 3,04 | 4,30 | 5,67 | 7,42 |
| 90° Codo soldado (t/d=1,5) | 0,30 | 0,36 | 0,49 | 0,56 | 0,69 | 0,88 | 1,10 | 1,43 | 2,00 | 2,64 | 3,35 |
| Codo roscado 45° (normal) | 0,34 | 0,40 | 0,55 | 0,66 | 0,76 | 1,02 | 1,27 | 1,61 | 2,30 | 3,05 | 3,89 |
| Te roscada normal o cruz (con cambio de sentido del flujo) | 1,25 | 1,54 | 2,13 | 2,44 | 2,91 | 3,81 | 4,75 | 6,10 | 8,61 | 11,34 | 14,85 |
| Válvula de compuerta | - | - | - | - | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,81 | 1,13 | 1,50 | 1,97 |
| Válvula de alarma o retención (tipo clapeta) | - | - | - | - | 2,42 | 3,18 | 3,94 | 5,07 | 7,17 | 9,40 | 12,30 |
| Válvula de alarma o retención (tipo seta) | - | - | - | - | 12,00 | 18,91 | 19,71 | 25,46 | 35,88 | 47,27 | 61,85 |
| Válvula de mariposa | - | - | - | - | 2,19 | 2,86 | 3,55 | 4,56 | 6,38 | 8,62 | 9,90 |
| Válvula de esfera (asímetro) | - | - | - | - | 16,43 | 21,64 | 26,80 | 34,48 | 48,79 | 64,29 | 84,11 |

^aEstas longitudes equivalentes se pueden convertir, en su caso, para tuberías con diferentes valores C, multiplicando por los siguientes factores:

| | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|------|
| C | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Factor | 0,714 | 0,85 | 1,00 | 1,16 | 1,33 |

Figura 32. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 4-6ª).

TABLA DE PERDIDAS DE CARGA
(SEGUN HAZEN & WILLIAMS)
Y VELOCIDADES EN TUBERIAS

TUBERIA DIN 2440

DIAMETRO NOMINAL: 50 mm

DIAMETRO INTERNO: 53 mm

| CAUDAL (l/min) | PERDIDA DE CARGA (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 400.0 | 0.03150 | 0.02248 | 0.01690 | 3.022 |
| 405.0 | 0.03223 | 0.02301 | 0.01730 | 3.060 |
| 410.0 | 0.03297 | 0.02353 | 0.01769 | 3.097 |
| 415.0 | 0.03372 | 0.02407 | 0.01810 | 3.135 |
| 420.0 | 0.03448 | 0.02461 | 0.01850 | 3.173 |
| 425.0 | 0.03524 | 0.02515 | 0.01891 | 3.211 |
| 430.0 | 0.03601 | 0.02570 | 0.01932 | 3.248 |
| 435.0 | 0.03679 | 0.02626 | 0.01974 | 3.286 |
| 440.0 | 0.03758 | 0.02682 | 0.02016 | 3.324 |
| 445.0 | 0.03837 | 0.02739 | 0.02059 | 3.362 |
| 450.0 | 0.03917 | 0.02796 | 0.02102 | 3.400 |
| 455.0 | 0.03998 | 0.02853 | 0.02145 | 3.437 |
| 460.0 | 0.04080 | 0.02912 | 0.02189 | 3.475 |
| 465.0 | 0.04162 | 0.02971 | 0.02233 | 3.513 |
| 470.0 | 0.04245 | 0.03030 | 0.02278 | 3.551 |
| 475.0 | 0.04329 | 0.03090 | 0.02323 | 3.588 |
| 480.0 | 0.04414 | 0.03150 | 0.02369 | 3.626 |
| 485.0 | 0.04499 | 0.03211 | 0.02414 | 3.664 |
| 490.0 | 0.04586 | 0.03273 | 0.02461 | 3.702 |
| 495.0 | 0.04673 | 0.03335 | 0.02507 | 3.739 |

Figura 33. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 50 mm y QT= 485 l/min.

TRAMO 6A-6

En este tramo vuelve a haber una T al conectar las ramas de rociadores con la tubería principal 0,3 m más abajo, por lo que se empiezan a apreciar pérdidas por altura.

| Accesorios y válvulas | Longitud equivalente de la tubería recta de acero (C=120) ¹ m | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Diámetro nominal (mm) | | | | | | | | | | |
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Codo roscado 90° (normal) | 0,63 | 0,77 | 1,04 | 1,22 | 1,46 | 1,89 | 2,37 | 3,04 | 4,30 | 5,67 | 7,42 |
| 90° Codo soldado (r/d=1,5) | 0,30 | 0,36 | 0,49 | 0,56 | 0,69 | 0,88 | 1,10 | 1,43 | 2,00 | 2,64 | 3,35 |
| Codo roscado 45° (normal) | 0,34 | 0,40 | 0,55 | 0,65 | 0,76 | 1,02 | 1,27 | 1,61 | 2,30 | 3,05 | 3,89 |
| Te roscada normal o cruz (con cambio de sentido del flujo) | 1,25 | 1,54 | 2,13 | 2,44 | 2,91 | 3,81 | 4,75 | 6,10 | 8,61 | 11,34 | 14,85 |
| Válvula de compuerta | - | - | - | - | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,81 | 1,13 | 1,50 | 1,97 |
| Válvula de alarma o retención (tipo clapeta) | - | - | - | - | 2,42 | 3,18 | 3,94 | 5,07 | 7,17 | 9,40 | 12,30 |
| Válvula de alarma o retención (tipo seta) | - | - | - | - | 12,00 | 18,91 | 19,71 | 25,46 | 35,88 | 47,27 | 61,85 |
| Válvula de mariposa | - | - | - | - | 2,19 | 2,86 | 3,55 | 4,56 | 6,38 | 8,62 | 9,90 |
| Válvula de esfera (osificado) | - | - | - | - | 16,43 | 21,64 | 26,80 | 34,48 | 48,79 | 64,29 | 84,11 |

¹Estas longitudes equivalentes se pueden convertir, en su caso, para tuberías con diferentes valores C, multiplicando por los siguientes factores:

| | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|------|
| C | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Factor | 0,714 | 0,85 | 1,00 | 1,16 | 1,33 |

Figura 34. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 6^a-6).

DIAMETRO NOMINAL: 65 mm

DIAMETRO INTERNO: 62.8 mm

| CAUDAL (l/min) | P E R D I D A D E C A R G A (bar/m) | | | VELOCIDAD |
|-------------------|-------------------------------------|---------|---------|-----------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | V (m/s) |
| 400.0 | 0.00884 | 0.00631 | 0.00474 | 1.793 |
| 405.0 | 0.00905 | 0.00646 | 0.00485 | 1.816 |
| 410.0 | 0.00925 | 0.00660 | 0.00497 | 1.838 |
| 415.0 | 0.00946 | 0.00675 | 0.00508 | 1.861 |
| 420.0 | 0.00968 | 0.00691 | 0.00519 | 1.883 |
| 425.0 | 0.00989 | 0.00706 | 0.00531 | 1.905 |
| 430.0 | 0.01011 | 0.00721 | 0.00542 | 1.928 |
| 435.0 | 0.01033 | 0.00737 | 0.00554 | 1.950 |
| 440.0 | 0.01055 | 0.00753 | 0.00566 | 1.973 |
| 445.0 | 0.01077 | 0.00769 | 0.00578 | 1.995 |
| 450.0 | 0.01099 | 0.00785 | 0.00590 | 2.017 |
| 455.0 | 0.01122 | 0.00801 | 0.00602 | 2.040 |
| 460.0 | 0.01145 | 0.00817 | 0.00614 | 2.062 |
| 465.0 | 0.01168 | 0.00834 | 0.00627 | 2.085 |
| 470.0 | 0.01191 | 0.00850 | 0.00639 | 2.107 |
| 475.0 | 0.01215 | 0.00867 | 0.00652 | 2.129 |
| 480.0 | 0.01239 | 0.00884 | 0.00665 | 2.152 |
| 485.0 | 0.01263 | 0.00901 | 0.00678 | 2.174 |
| 490.0 | 0.01287 | 0.00918 | 0.00691 | 2.197 |
| 495.0 | 0.01311 | 0.00936 | 0.00704 | 2.219 |
| 500.0 | 0.01336 | 0.00953 | 0.00717 | 2.242 |
| 505.0 | 0.01361 | 0.00971 | 0.00730 | 2.264 |
| 510.0 | 0.01386 | 0.00989 | 0.00744 | 2.286 |
| 515.0 | 0.01411 | 0.01007 | 0.00757 | 2.309 |
| 520.0 | 0.01437 | 0.01025 | 0.00771 | 2.331 |
| 525.0 | 0.01462 | 0.01044 | 0.00785 | 2.354 |
| 530.0 | 0.01488 | 0.01062 | 0.00798 | 2.376 |
| 535.0 | 0.01514 | 0.01081 | 0.00812 | 2.398 |
| 540.0 | 0.01540 | 0.01099 | 0.00827 | 2.421 |
| 545.0 | 0.01567 | 0.01118 | 0.00841 | 2.443 |
| 550.0 | 0.01594 | 0.01137 | 0.00855 | 2.466 |
| 555.0 | 0.01620 | 0.01157 | 0.00870 | 2.488 |
| 560.0 | 0.01648 | 0.01176 | 0.00884 | 2.511 |
| 565.0 | 0.01675 | 0.01195 | 0.00899 | 2.533 |
| 570.0 | 0.01702 | 0.01215 | 0.00914 | 2.555 |
| 575.0 | 0.01730 | 0.01235 | 0.00928 | 2.578 |
| 580.0 | 0.01758 | 0.01255 | 0.00943 | 2.600 |
| 585.0 | 0.01786 | 0.01275 | 0.00959 | 2.623 |
| 590.0 | 0.01815 | 0.01295 | 0.00974 | 2.645 |
| 595.0 | 0.01843 | 0.01315 | 0.00989 | 2.667 |
| 600.0 | 0.01872 | 0.01336 | 0.01004 | 2.690 |
| 605.0 | 0.01901 | 0.01357 | 0.01020 | 2.712 |
| 610.0 | 0.01930 | 0.01377 | 0.01036 | 2.735 |

Figura 35. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 65 mm y QT= 610 l/min.

TRAMO 6-7

Este es el punto en el que se calcula el factor K de la rama completa de los primeros 5 rociadores tal y como se anticipaba en el preámbulo de los cálculos. Este factor se usará para determinar el caudal de los siguientes tramos, ya que por cada uno de ellos fluye el mismo caudal debido a la simetría de la instalación. Asimismo, como todavía no se han añadido más puntos de descarga al cálculo, el caudal y velocidad se mantienen como en el tramo anterior, aunque sigue habiendo pérdidas y por tanto la presión aumenta ligeramente.

TRAMO 7-8

En este punto el caudal aumenta considerablemente a un poco más que el doble, puesto que al emplear el factor K del ramal se consigue agrupar el caudal necesario para los 5 rociadores de una vez. (Fig. 36).

TABLA DE PERDIDAS DE CARGA
(SEGUN HAZEN & WILLIAMS)
Y VELOCIDADES EN TUBERIAS

55

TUBERIA DIN 2440

DIAMETRO NOMINAL: 80 mm

DIAMETRO INTERNO: 80.8 mm

| CAUDAL (l/min) | PERDIDA DE CARGA (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 1000.0 | 0.02201 | 0.01571 | 0.01181 | 3.250 |
| 1010.0 | 0.02242 | 0.01600 | 0.01203 | 3.283 |
| 1020.0 | 0.02283 | 0.01630 | 0.01225 | 3.315 |
| 1030.0 | 0.02325 | 0.01659 | 0.01248 | 3.348 |
| 1040.0 | 0.02367 | 0.01689 | 0.01270 | 3.380 |
| 1050.0 | 0.02409 | 0.01719 | 0.01293 | 3.413 |
| 1060.0 | 0.02452 | 0.01750 | 0.01316 | 3.445 |
| 1070.0 | 0.02495 | 0.01780 | 0.01339 | 3.478 |
| 1080.0 | 0.02538 | 0.01811 | 0.01362 | 3.510 |
| 1090.0 | 0.02582 | 0.01843 | 0.01385 | 3.543 |
| 1100.0 | 0.02626 | 0.01874 | 0.01409 | 3.575 |
| 1110.0 | 0.02670 | 0.01906 | 0.01433 | 3.608 |
| 1120.0 | 0.02715 | 0.01937 | 0.01457 | 3.640 |
| 1130.0 | 0.02760 | 0.01970 | 0.01481 | 3.673 |
| 1140.0 | 0.02805 | 0.02002 | 0.01505 | 3.705 |
| 1150.0 | 0.02851 | 0.02035 | 0.01530 | 3.738 |
| 1160.0 | 0.02897 | 0.02067 | 0.01554 | 3.770 |
| 1170.0 | 0.02943 | 0.02100 | 0.01579 | 3.803 |
| 1180.0 | 0.02990 | 0.02134 | 0.01604 | 3.835 |
| 1190.0 | 0.03037 | 0.02167 | 0.01630 | 3.868 |
| 1200.0 | 0.03084 | 0.02201 | 0.01655 | 3.900 |
| 1210.0 | 0.03132 | 0.02235 | 0.01681 | 3.933 |
| 1220.0 | 0.03180 | 0.02270 | 0.01706 | 3.965 |
| 1230.0 | 0.03228 | 0.02304 | 0.01732 | 3.998 |
| 1240.0 | 0.03277 | 0.02339 | 0.01759 | 4.030 |

Figura 36. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 80 mm y QT= 1220 l/min.

TRAMO 8-9

El caudal vuelve a aumentar considerablemente. A consecuencia, se observa que a cada tramo el diámetro de la tubería debe aumentarse para evitar altas velocidades de agua (se trata de mantener por debajo de 5 metros por segundo para evitar daños por erosión a la tubería). (Fig. 37).

TABLA DE PERDIDAS DE CARGA
(SEGUN HAZEN & WILLIAMS)
Y VELOCIDADES EN TUBERIAS

73

TUBERIA DIN 2440

DIAMETRO NOMINAL: 100 mm

DIAMETRO INTERNO: 105.3 mm

| CAUDAL (l/min) | P E R D I D A D E C A R G A (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 2000.0 | 0.02185 | 0.01559 | 0.01172 | 3.828 |
| 2020.0 | 0.02226 | 0.01588 | 0.01194 | 3.866 |
| 2040.0 | 0.02266 | 0.01618 | 0.01216 | 3.904 |
| 2060.0 | 0.02308 | 0.01647 | 0.01238 | 3.942 |

Figura 37. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 100 mm y QT= 2000 l/min.

TRAMO 9-10

El caudal vuelve a aumentar considerablemente como se ha vaticinado desde el principio. Lo más destacable de este tramo es que es el de mayor velocidad del agua, quedando muy por debajo de los 5 metros por segundo que no es aconsejable sobrepasar.

DIAMETRO NOMINAL: 100 mm

DIAMETRO INTERNO: 105.3 mm

| CAUDAL (l/min) | P E R D I D A D E C A R G A (bar/m) | | | VELOCIDAD V (m/s) |
|-------------------|-------------------------------------|----------------|---------|----------------------|
| | C=100 | C=120 | C=140 | |
| 2000.0 | 0.02185 | 0.01559 | 0.01172 | 3.828 |
| 2020.0 | 0.02226 | 0.01588 | 0.01194 | 3.866 |
| 2040.0 | 0.02266 | 0.01618 | 0.01216 | 3.904 |
| 2060.0 | 0.02308 | 0.01647 | 0.01238 | 3.942 |
| 2080.0 | 0.02349 | 0.01677 | 0.01261 | 3.981 |
| 2100.0 | 0.02391 | 0.01707 | 0.01283 | 4.019 |
| 2120.0 | 0.02434 | 0.01737 | 0.01306 | 4.057 |
| 2140.0 | 0.02476 | 0.01767 | 0.01329 | 4.096 |
| 2160.0 | 0.02519 | 0.01798 | 0.01352 | 4.134 |
| 2180.0 | 0.02563 | 0.01829 | 0.01375 | 4.172 |
| 2200.0 | 0.02606 | 0.01860 | 0.01399 | 4.210 |
| 2220.0 | 0.02650 | 0.01891 | 0.01422 | 4.249 |
| 2240.0 | 0.02695 | 0.01923 | 0.01446 | 4.287 |
| 2260.0 | 0.02739 | 0.01955 | 0.01470 | 4.325 |
| 2280.0 | 0.02784 | 0.01987 | 0.01494 | 4.364 |
| 2300.0 | 0.02830 | 0.02019 | 0.01518 | 4.402 |
| 2320.0 | 0.02875 | 0.02052 | 0.01543 | 4.440 |
| 2340.0 | 0.02921 | 0.02085 | 0.01568 | 4.478 |
| 2360.0 | 0.02968 | 0.02118 | 0.01592 | 4.517 |
| 2380.0 | 0.03014 | 0.02151 | 0.01618 | 4.555 |
| 2400.0 | 0.03061 | 0.02185 | 0.01643 | 4.593 |
| 2420.0 | 0.03109 | 0.02219 | 0.01668 | 4.631 |
| 2440.0 | 0.03156 | 0.02253 | 0.01694 | 4.670 |
| 2460.0 | 0.03204 | 0.02287 | 0.01720 | 4.708 |
| 2480.0 | 0.03253 | 0.02322 | 0.01746 | 4.746 |
| 2500.0 | 0.03302 | 0.02356 | 0.01772 | 4.785 |
| 2520.0 | 0.03351 | 0.02391 | 0.01798 | 4.823 |

Figura 38. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 100 mm y QT= 2480 l/min.

TRAMO 10-11

Para analizar este tramo, primero se convierten los 3.104,74 l/min a 186.284,4 l/h, puesto que es la escala empleada en las siguientes tablas que cambian de unidades respecto a las utilizadas anteriormente debido al aumento del diámetro de las tuberías a 150 mm (Fig. 39). Del mismo modo, el valor de pérdidas continuas de presión esta se da en mm c.a./m (milímetros columna de agua por metro) en lugar de bar/m.

| r = pérdida de carga continua, mm c.a./m | | G = caudal, l/h | | | | | | | | | | v = velocidad, m/s | | | |
|--|----|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|-----------|----|-----|
| r | Øe | 101,6 | 108 | 114,3 | 133 | 139,7 | 159 | 168,3 | 193,7 | 219,1 | 244,5 | 273 | 323,9 | Øe | r |
| | Øi | 94,4 | 100,8 | 107,1 | 125 | 131,7 | 150 | 159,3 | 182,9 | 207,3 | 231,9 | 260,4 | 309,7 | Øi | |
| 2 | G | 9,546 | 11,380 | 13,387 | 20,254 | 23,295 | 33,010 | 38,783 | 56,155 | 78,540 | 106,065 | 144,690 | 230,239 | G | 2 |
| | v | 0,38 | 0,40 | 0,41 | 0,46 | 0,48 | 0,52 | 0,54 | 0,59 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,85 | v | |
| 4 | G | 13,829 | 16,486 | 19,394 | 29,342 | 33,748 | 47,822 | 56,185 | 81,351 | 113,781 | 153,656 | 209,613 | 333,548 | G | 4 |
| | v | 0,55 | 0,57 | 0,60 | 0,66 | 0,69 | 0,75 | 0,78 | 0,86 | 0,94 | 1,01 | 1,09 | 1,23 | v | |
| 6 | G | 17,178 | 20,478 | 24,090 | 36,447 | 41,919 | 59,401 | 69,789 | 101,049 | 141,331 | 190,860 | 260,366 | 414,309 | G | 6 |
| | v | 0,68 | 0,71 | 0,74 | 0,82 | 0,85 | 0,93 | 0,97 | 1,07 | 1,16 | 1,26 | 1,36 | 1,53 | v | |
| 8 | G | 20,035 | 23,884 | 28,096 | 42,508 | 48,890 | 69,280 | 81,395 | 117,854 | 164,835 | 222,601 | 303,666 | 483,211 | G | 8 |
| | v | 0,80 | 0,83 | 0,87 | 0,96 | 1,00 | 1,09 | 1,13 | 1,25 | 1,36 | 1,46 | 1,58 | 1,78 | v | |
| 10 | G | 22,574 | 26,911 | 31,657 | 47,895 | 55,087 | 78,061 | 91,711 | 132,790 | 185,726 | 250,814 | 342,153 | 544,453 | G | 10 |
| | v | 0,90 | 0,94 | 0,98 | 1,08 | 1,12 | 1,23 | 1,28 | 1,40 | 1,53 | 1,65 | 1,78 | 2,01 | v | |
| 12 | G | 24,886 | 29,667 | 34,899 | 52,800 | 60,728 | 86,055 | 101,103 | 146,389 | 204,746 | 276,499 | 377,192 | 600,210 | G | 12 |
| | v | 0,99 | 1,03 | 1,08 | 1,20 | 1,24 | 1,35 | 1,41 | 1,55 | 1,69 | 1,82 | 1,97 | 2,21 | v | |
| 14 | G | 27,024 | 32,216 | 37,898 | 57,337 | 65,946 | 93,449 | 109,791 | 158,968 | 222,339 | 300,258 | 409,603 | 651,784 | G | 14 |
| | v | 1,07 | 1,12 | 1,17 | 1,30 | 1,34 | 1,47 | 1,53 | 1,68 | 1,83 | 1,97 | 2,14 | 2,40 | v | |
| 16 | G | 29,024 | 34,601 | 40,703 | 61,581 | 70,827 | 100,366 | 117,917 | 170,735 | 238,797 | 322,483 | 439,921 | 700,028 | G | 16 |
| | v | 1,15 | 1,20 | 1,26 | 1,39 | 1,44 | 1,58 | 1,64 | 1,81 | 1,97 | 2,12 | 2,29 | 2,58 | v | |
| 18 | G | 30,911 | 36,850 | 43,349 | 65,585 | 75,432 | 106,891 | 125,583 | 181,834 | 254,321 | 343,448 | 468,521 | 745,538 | G | 18 |
| | v | 1,23 | 1,28 | 1,34 | 1,48 | 1,54 | 1,68 | 1,75 | 1,92 | 2,09 | 2,26 | 2,44 | 2,75 | v | |
| 20 | G | 32,703 | 38,986 | 45,861 | 69,386 | 79,804 | 113,086 | 132,862 | 192,373 | 269,062 | 363,354 | 495,677 | 788,749 | G | 20 |
| | v | 1,30 | 1,36 | 1,41 | 1,57 | 1,63 | 1,78 | 1,85 | 2,03 | 2,21 | 2,39 | 2,59 | 2,91 | v | |
| 22 | G | 34,413 | 41,024 | 48,259 | 73,014 | 83,977 | 119,000 | 139,810 | 202,432 | 283,131 | 382,354 | 521,595 | 829,992 | G | 22 |
| | v | 1,37 | 1,43 | 1,49 | 1,65 | 1,71 | 1,87 | 1,95 | 2,14 | 2,33 | 2,51 | 2,72 | 3,06 | v | |
| 24 | G | 36,052 | 42,978 | 50,558 | 76,492 | 87,977 | 124,668 | 146,469 | 212,074 | 296,616 | 400,565 | 546,439 | 869,524 | G | 24 |
| | v | 1,43 | 1,50 | 1,56 | 1,73 | 1,79 | 1,96 | 2,04 | 2,24 | 2,44 | 2,63 | 2,85 | 3,21 | v | |
| 26 | G | 37,628 | 44,858 | 52,769 | 79,837 | 91,824 | 130,120 | 152,874 | 221,349 | 309,588 | 418,083 | 570,336 | 907,551 | G | 26 |
| | v | 1,49 | 1,56 | 1,63 | 1,81 | 1,87 | 2,05 | 2,13 | 2,34 | 2,55 | 2,75 | 2,97 | 3,35 | v | |
| 28 | G | 39,149 | 46,671 | 54,902 | 83,065 | 95,536 | 135,380 | 159,054 | 230,297 | 322,103 | 434,984 | 593,392 | 944,240 | G | 28 |
| | v | 1,55 | 1,62 | 1,69 | 1,88 | 1,95 | 2,13 | 2,22 | 2,43 | 2,65 | 2,86 | 3,10 | 3,48 | v | |
| 30 | G | 40,621 | 48,426 | 56,966 | 86,186 | 99,127 | 140,468 | 165,032 | 238,952 | 334,209 | 451,332 | 615,694 | 979,728 | G | 30 |
| | v | 1,61 | 1,69 | 1,76 | 1,95 | 2,02 | 2,21 | 2,30 | 2,53 | 2,75 | 2,97 | 3,21 | 3,61 | v | |
| 35 | G | 44,111 | 52,587 | 61,861 | 93,592 | 107,644 | 152,538 | 179,213 | 259,485 | 362,926 | 490,114 | 668,599 | 1,063,912 | G | 35 |
| | v | 1,75 | 1,83 | 1,91 | 2,12 | 2,19 | 2,40 | 2,50 | 2,74 | 2,99 | 3,22 | 3,49 | 3,92 | v | |
| 40 | G | 47,376 | 56,479 | 66,439 | 100,520 | 115,612 | 163,828 | 192,478 | 278,691 | 389,790 | 526,391 | 718,087 | 1,142,661 | G | 40 |
| | v | 1,88 | 1,97 | 2,05 | 2,28 | 2,36 | 2,58 | 2,68 | 2,95 | 3,21 | 3,46 | 3,75 | 4,21 | v | |
| 45 | G | 50,456 | 60,151 | 70,759 | 107,055 | 123,128 | 174,479 | 204,991 | 296,809 | 415,131 | 560,613 | 764,771 | 1,216,947 | G | 45 |
| | v | 2,00 | 2,09 | 2,18 | 2,42 | 2,51 | 2,74 | 2,86 | 3,14 | 3,42 | 3,69 | 3,99 | 4,49 | v | |
| 50 | G | 53,381 | 63,637 | 74,860 | 113,259 | 130,265 | 184,592 | 216,872 | 314,013 | 439,191 | 593,106 | 809,097 | 1,287,482 | G | 50 |
| | v | 2,12 | 2,22 | 2,31 | 2,56 | 2,66 | 2,90 | 3,02 | 3,32 | 3,61 | 3,90 | 4,22 | 4,75 | v | |
| 60 | G | 58,847 | 70,154 | 82,526 | 124,858 | 143,605 | 203,496 | 239,082 | 346,170 | 484,169 | 653,845 | 891,957 | 1,419,332 | G | 60 |
| | v | 2,34 | 2,44 | 2,54 | 2,83 | 2,93 | 3,20 | 3,33 | 3,66 | 3,98 | 4,30 | 4,65 | 5,23 | v | |
| 70 | G | 63,904 | 76,182 | 89,617 | 135,587 | 155,944 | 220,981 | 259,625 | 375,916 | 525,772 | 710,028 | 968,599 | 1,541,290 | G | 70 |
| | v | 2,54 | 2,65 | 2,76 | 3,07 | 3,18 | 3,47 | 3,62 | 3,97 | 4,33 | 4,67 | 5,05 | 5,68 | v | |
| 80 | G | 68,634 | 81,821 | 96,251 | 145,623 | 167,487 | 237,338 | 278,843 | 403,740 | 564,689 | 762,583 | 1,040,294 | 1,655,374 | G | 80 |
| | v | 2,72 | 2,85 | 2,97 | 3,30 | 3,42 | 3,73 | 3,89 | 4,27 | 4,65 | 5,02 | 5,43 | 6,10 | v | |
| 90 | G | 73,096 | 87,140 | 102,508 | 155,090 | 178,376 | 252,768 | 296,970 | 429,988 | 601,400 | 812,160 | 1,107,925 | 1,762,992 | G | 90 |
| | v | 2,90 | 3,03 | 3,16 | 3,51 | 3,64 | 3,97 | 4,14 | 4,55 | 4,95 | 5,34 | 5,78 | 6,50 | v | |
| 100 | G | 77,333 | 92,191 | 108,450 | 164,079 | 188,714 | 267,418 | 314,183 | 454,910 | 636,257 | 859,233 | 1,172,140 | 1,865,175 | G | 100 |
| | v | 3,07 | 3,21 | 3,34 | 3,71 | 3,85 | 4,20 | 4,38 | 4,81 | 5,24 | 5,65 | 6,11 | 6,88 | v | |

Figura 39. Tabla de pérdidas de carga (según Hazen & Williams) y velocidades en tuberías. Tubería DN 150 mm y QT= 203.496 l/h.

Siendo 1 bar = 10,2 m c.a.:

60 mm c.a./m = 0,005883 bar/m.

Tramo 11-12

Para este tramo se emplean los mismos valores del tramo anterior para obtener la velocidad y las pérdidas continuas de presión, convirtiendo los 3.243,72 l/min a 194.623,2 l/h y observando que corresponden al mismo intervalo y por tanto, casilla.

Este es el tramo más largo, puesto que conecta la zona más desfavorable y sus 29 rociadores con la red de suministro de agua municipal, con un par de válvulas de mantenimiento de por medio, siendo una de ellas la de alarma y otra la de paso general. También se encuentran una T y un codo en el punto en que la tubería pasa a ser vertical (y por tanto toca añadir pérdidas por altura positivas porque van en contra de la gravedad) y un codo en el punto en que vuelve a ser horizontal. (Fig. 40).

| Accesorios y válvulas | Longitud equivalente de la tubería recta de acero (C=120)* | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | m | | | | | | | | | | |
| | Diámetro nominal (mm) | | | | | | | | | | |
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Codo roscado 90° (normal) | 0,63 | 0,77 | 1,04 | 1,22 | 1,46 | 1,89 | 2,37 | 3,04 | 4,30 | 5,67 | 7,42 |
| 90° Codo soldado (r/d=1,5) | 0,30 | 0,36 | 0,49 | 0,56 | 0,69 | 0,88 | 1,10 | 1,43 | 2,00 | 2,64 | 3,35 |
| Codo roscado 45° (normal) | 0,34 | 0,40 | 0,55 | 0,66 | 0,76 | 1,02 | 1,27 | 1,61 | 2,30 | 3,05 | 3,09 |
| Te roscada normal o cruz (con cambio de sentido del flujo) | 1,25 | 1,54 | 2,13 | 2,44 | 2,91 | 3,81 | 4,75 | 6,10 | 8,61 | 11,34 | 14,85 |
| Válvula de compuerta | - | - | - | - | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,81 | 1,13 | 1,50 | 1,97 |
| Válvula de alarma o retención (tipo clapeta) | - | - | - | - | 2,42 | 3,18 | 3,94 | 5,07 | 7,17 | 9,40 | 12,30 |
| Válvula de alarma o retención (tipo seta) | - | - | - | - | 12,00 | 18,91 | 19,71 | 25,46 | 35,88 | 47,27 | 61,05 |
| Válvula de mariposa | - | - | - | - | 2,19 | 2,86 | 3,55 | 4,56 | 6,38 | 8,62 | 9,90 |
| Válvula de esfera (osificado) | - | - | - | - | 16,43 | 21,64 | 26,80 | 34,48 | 48,79 | 64,29 | 84,11 |

*Estas longitudes equivalentes se pueden convertir, en su caso, para tuberías con diferentes valores C, multiplicando por los siguientes factores:
C 100 110 120 130 140
Factor 0,714 0,85 1,00 1,16 1,33

Figura 40. Longitud equivalente de accesorios y válvulas (Tramo 11-12).

Finalmente, de los cálculos se obtiene el valor de caudal máximo que necesitará la instalación para abastecer el sistema de rociadores automáticos: 3.243,72 l/min. Como se puede observar, este valor no dista mucho del obtenido de forma teórica previo a los cálculos hidráulicos, 3.262,5 l/min.

Este valor sumado al Caudal máximo obtenido para abastecer el sistema de BIEs nos da el caudal necesario para la totalidad de la instalación:

$$\begin{aligned}
 Q_{T.installación} &= Q_{T.BIEs} + Q_{T.rociadores} = 56.700 \text{ l/min} + 3.243,72 \text{ l/min} \\
 &= 59.943,72 \text{ l/min} \approx 60.000 \text{ l/min}
 \end{aligned}$$

APÉNDICE I: SISTEMA DE EVACUACIÓN

Se debe seguir lo estipulado en el Capítulo IV del R.D. 2267/2004 sobre cómo actuar en caso de incendio y la posterior investigación de este. Del mismo modo, se debe seguir el protocolo del Anexo IV del mismo Real Decreto donde se indican las normas UNE de obligatorio cumplimiento para la aplicación del Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

1. PLAN DE EMERGENCIA CONTRA INCENDIOS

En el desafortunado caso de que se dé un incendio en el almacén, se deberá seguir el diagrama de flujo de la figura 41, siempre priorizando el bienestar y la seguridad de los trabajadores. Cuando hayan pasado unos segundos tratando de controlar el fuego y estos esfuerzos se hayan visto inútiles, será obligatorio evacuar el edificio y avisar a los bomberos.

Es recomendable ante estas situaciones mantener la calma y seguir los planes de emergencia y evacuación, no actuar solos, y una vez tratando de extinguir el fuego, apuntar al objeto en combustión y no a las llamas o el humo. Siempre que se utilice un agente extintor, se debe utilizar a ráfagas y desde una distancia de seguridad prudente, acortando distancias con el foco del incendio paulatinamente. Para localizar los agentes extintores se recomienda seguir las señales de paneles que indican su posición.

En caso de no poder extinguir el incendio, seguir las señales luminiscentes y de panel hasta la salida más cercana.

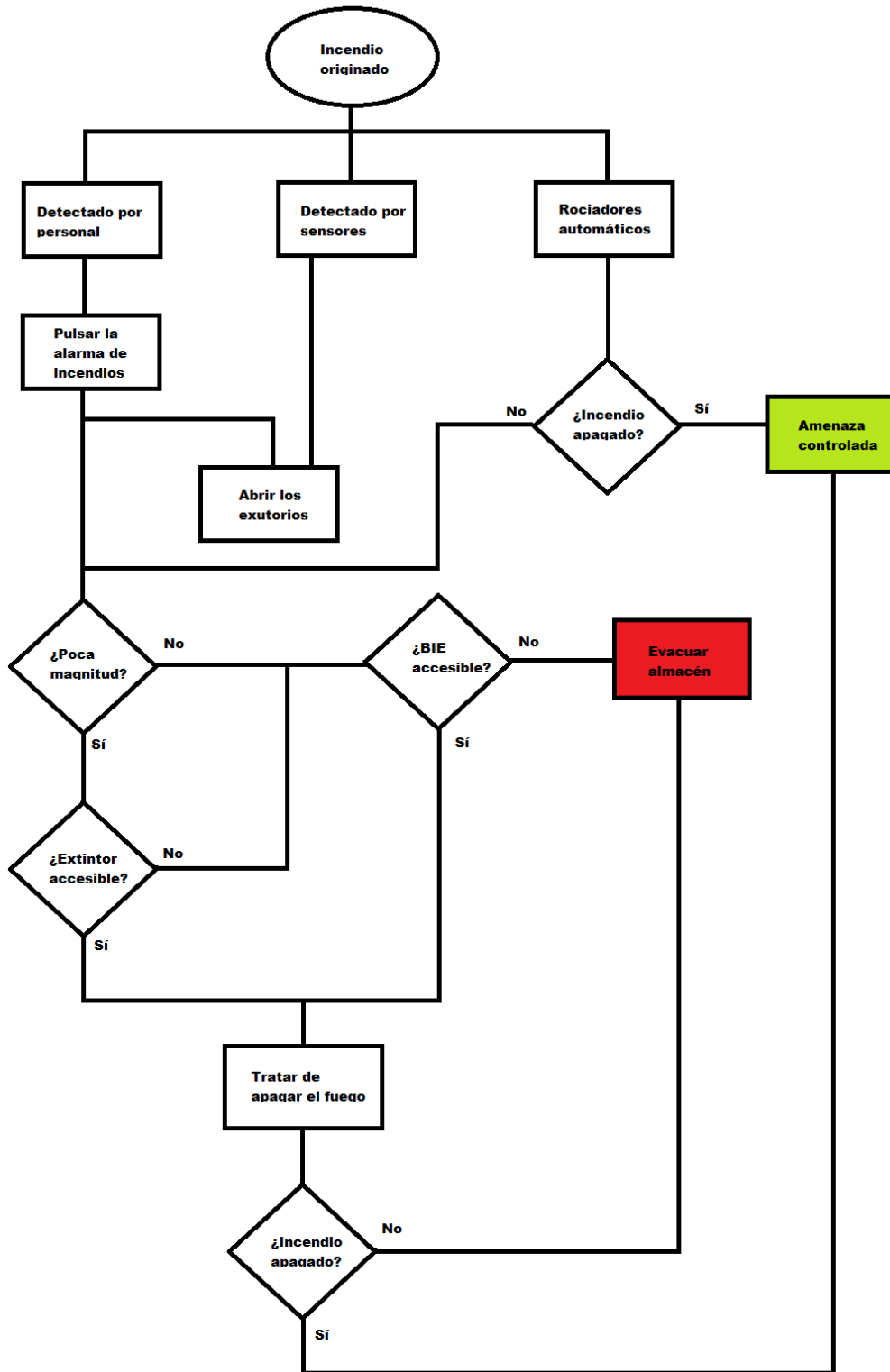


Figura 41. Plan de emergencia contra incendios.

2. EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Según el apartado 6 del Anexo II del R.D. 2267/2004: “Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación, P , deducida de las siguientes expresiones:

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

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

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

En el caso del almacén industrial que ocupa este proyecto, hay una cantidad de 13 trabajadores durante una jornada laboral. Por lo tanto:

$$P = 1,10 \cdot p = 1,10 \cdot 13 = 14,3 \approx 15$$

“La evacuación de los establecimientos industriales que estén ubicados en edificios de tipo C (según el anexo 1 del R.D. 2267/2004) debe satisfacer las condiciones siguientes:

1. Elementos de la evacuación: origen de evacuación, recorridos de evacuación, altura de evacuación, rampas, ascensores, escaleras mecánicas, rampas y pasillos móviles y salidas se definen de acuerdo con el artículo 7 de la NBE-CPI/96, apartado 7.1, subapartados 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, 7.1.4, 7.1.5 y 7.1.6, respectivamente.

2. Número y disposición de las salidas: además de tener en cuenta lo dispuesto en el artículo 7 de la NBE-CPI/96, apartado 7.2, se ampliará lo siguiente: Los establecimientos industriales clasificados, de acuerdo con el anexo 1 de este

reglamento, como de riesgo intrínseco alto deberán disponer de dos salidas alternativas.

Las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio de los establecimientos industriales no superarán los 25 metros y prevalecerán sobre las establecidas en el artículo 7.2 de la NBE/CPI/96.

3. Disposición de escaleras y aparatos elevadores: de acuerdo con el artículo 7 de la NBE-CPI/96, apartado 7.3, subapartados 7.3.1, párrafos a) y c), 7.3.2, y 7.3.3. Las escaleras que se prevean para evacuación descendente serán protegidas, conforme al apartado 10.1 de la NBE/CPI/96, cuando se utilicen para la evacuación de establecimientos industriales que, en función de su nivel de riesgo intrínseco, superen los 10 metros de altura en nivel de riesgo alto.

4. Dimensionamiento de salidas, pasillos y escaleras: de acuerdo con el artículo 7 de la NBE-CPI/96, apartado 7.4, subapartados 7.4.1, 7.4.2 y 7.4.3.

5. Características de las puertas: de acuerdo con el artículo 8 de la NBE-CPI/96, apartado 8.1, excepto que se permiten como puertas de salida las deslizantes, o correderas, fácilmente operables manualmente.

6. Características de los pasillos: de acuerdo en el artículo 8 de la NBE-CPI/96, apartado 8.2.b).

7. Características de las escaleras: de acuerdo con el artículo 9 de la NBE-CPI/96, párrafos a), b), c), d) y e).

8. Características de los pasillos y de las escaleras protegidos y de los vestíbulos previos: de acuerdo con el artículo 10 de la NBE-CPI/96, apartados 10.1, 10.2 y 10.3.

9. Señalización e iluminación: de acuerdo con el artículo 12 de la NBE-CPI/96, apartados 12.1, 12.2 y 12.3; además, deberán cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.

3. SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Citando al punto 16 del Anexo III del R.D. 2267/2004: “Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación los sectores de incendio de los edificios industriales cuando:

b) Estén situados en cualquier planta sobre rasante, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 10 personas y sean de riesgo intrínseco medio o alto.

La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:

a) Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 por ciento de su tensión nominal de servicio.

b) Mantendrá las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.

c) Proporcionará una iluminancia de un lx, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.

e) La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.

f) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

4. SEÑALIZACIÓN

Tal y como indica el apartado 17 del Anexo III del R.D. 2267/2004: “Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo,

aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.”

En el almacén estudiado se señalarán las salidas y los medios de protección contra incendios de uso manual con señales fotoluminiscentes homologadas que deben cumplir con lo establecido en cuanto a requerimientos de las normas UNE 23033, UNE 23034, UNE 23035 y en el R.D. 485/1997.

Según el Anexo I del R.D. 485/1997: “La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- a) Las características de la señal.
- b) Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- c) La extensión de la zona a cubrir.
- d) El número de trabajadores afectados.

En cualquier caso, la señalización de los riesgos, elementos o circunstancias indicadas en el anexo VII se realizará según lo dispuesto en dicho anexo.

La eficacia de la señalización no deberá resultar disminuida por la concurrencia de señales o por otras circunstancias que dificulten su percepción o comprensión.

La señalización de seguridad y salud en el trabajo no deberá utilizarse para transmitir informaciones o mensajes distintos o adicionales a los que constituyen su objetivo propio.

Cuando los trabajadores a los que se dirige la señalización tengan la capacidad o la facultad visual o auditiva limitadas, incluidos los casos en que ello sea debido al uso de equipos de protección individual, deberán tomarse las medidas suplementarias o de sustitución necesarias.

La señalización deberá permanecer en tanto persista la situación que la motiva.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser, según los casos, limpiados, mantenidos y verificados regularmente, y reparados o sustituidos cuando sea necesario, de forma que conserven en todo momento sus cualidades intrínsecas y de funcionamiento.

Las señalizaciones que necesiten de una fuente de energía dispondrán de alimentación de emergencia que garantice su funcionamiento en caso de interrupción de aquella, salvo que el riesgo desaparezca con el corte del suministro.”

4.1 COLORES DE SEÑALIZACIÓN

R.D. 485/1997: “Los colores de seguridad podrán formar parte de una señalización de seguridad o constituirlos por sí mismos. En el siguiente cuadro se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso.” (tabla 3).

| Color | Significado | Indicaciones y precisiones |
|--------------------------------|--|--|
| Rojo | Señal de prohibición | Comportamientos peligrosos. |
| | Peligro-alarma | Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación. |
| | Material y equipos de lucha contra incendios | Identificación y localización. |
| Amarillo o amarillo anaranjado | Señal de advertencia | Atención, precaución. Verificación. |
| Azul | Señal de obligación | Comportamiento o acción específica. Obligación de usar un equipo de protección individual. |
| Verde | Señal de salvamento o de auxilio | Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales. |
| | Situación de seguridad | Vuelta a la normalidad. |

Tabla 3. Colores de señalización.

“En el caso de que el color de fondo sobre el que tenga que aplicarse el color de seguridad pueda dificultar la percepción de este último, se utilizará un color de contraste que enmarque o se alterne con el de seguridad: rojo, azul y verde sobre blanco, amarillo/amarillo anaranjado sobre negro.”

4.2 SEÑALES EN FORMA DE PANEL

Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios: Forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir al menos el 50% de la superficie de la señal). (Fig. 42).



Figura 42. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.

“Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo o predominantemente rojo, de forma que se puedan identificar fácilmente por su color propio. El emplazamiento de los equipos de protección contra incendios se señalará mediante el color rojo o por una señal en forma de panel de las indicadas en el apartado 3.4. del anexo III. Cuando sea necesario, las vías de acceso a los equipos se mostrarán mediante las señales indicativas adicionales especificadas en dicho anexo.”

4.3 SEÑALES DE SALVAMENTO O SOCORRO

Forma rectangular o cuadrada, pictograma blanco sobre fondo verde (el verde deberá cubrir al menos el 50% de la superficie de la señal). (Fig. 43).

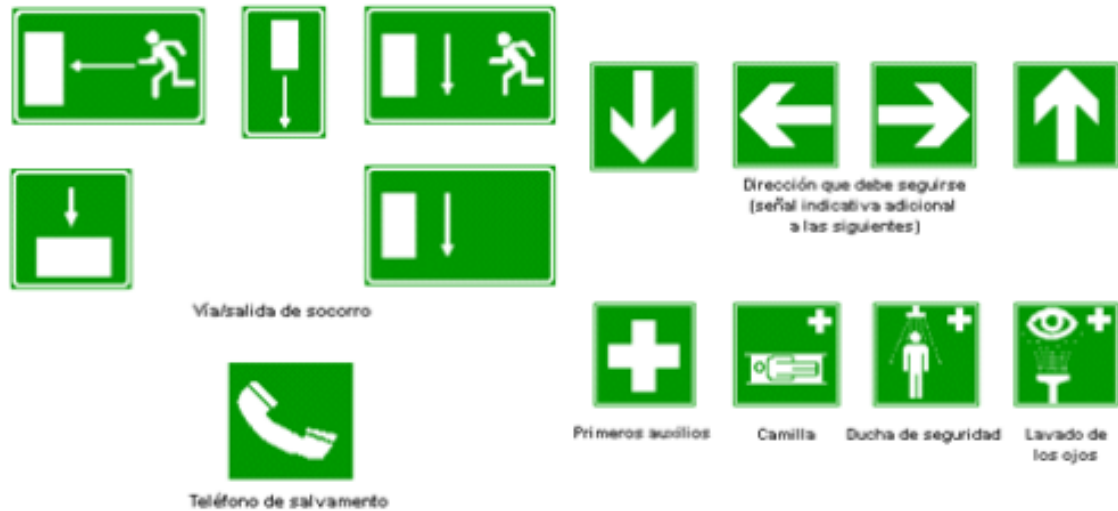


Figura 43. Señales de salvamento o socorro.

“La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro se realizará mediante señales en forma de panel de las indicadas en el apartado 3.5. del anexo III.”

4.4 SEÑALES LUMINOSAS

Según el Anexo IV del R.D. 485/1997: “Características y requisitos de las señales luminosas:

1.º La luz emitida por la señal deberá provocar un contraste luminoso apropiado respecto a su entorno, en función de las condiciones de uso previstas. Su intensidad deberá asegurar su percepción, sin llegar a producir deslumbramientos.

2.º La superficie luminosa que emita una señal podrá ser de color uniforme, o llevar un pictograma sobre un fondo determinado. En el primer caso, el color deberá ajustarse a lo dispuesto en el apartado 1 del anexo II; en el segundo caso, el pictograma deberá respetar las reglas aplicables a las señales en forma de panel definidas en el anexo III.

3.º Si un dispositivo puede emitir una señal tanto continua como intermitente, la señal intermitente se utilizará para indicar, con respecto a la señal continua, un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida.

4.º No se utilizarán al mismo tiempo dos señales luminosas que puedan dar lugar a confusión, ni una señal luminosa cerca de otra emisión luminosa apenas diferente. Cuando se utilice una señal luminosa intermitente, la duración y frecuencia de los destellos deberán permitir la correcta identificación del mensaje, evitando que pueda ser percibida como continua o confundida con otras señales luminosas.

5.º Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.

Disposiciones comunes:

1.º Una señal luminosa o acústica indicará, al ponerse en marcha, la necesidad de realizar una determinada acción, y se mantendrá mientras persista tal necesidad. Al finalizar la emisión de una señal luminosa o acústica se adoptarán de inmediato las medidas que permitan volver a utilizarlas en caso de necesidad.

2.º La eficacia y buen funcionamiento de las señales luminosas y acústicas se comprobará antes de su entrada en servicio, y posteriormente mediante las pruebas periódicas necesarias.

3.º Las señales luminosas y acústicas intermitentes previstas para su utilización alterna o complementaria deberán emplear idéntico código.

-CAPÍTULO 2-

PLANOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



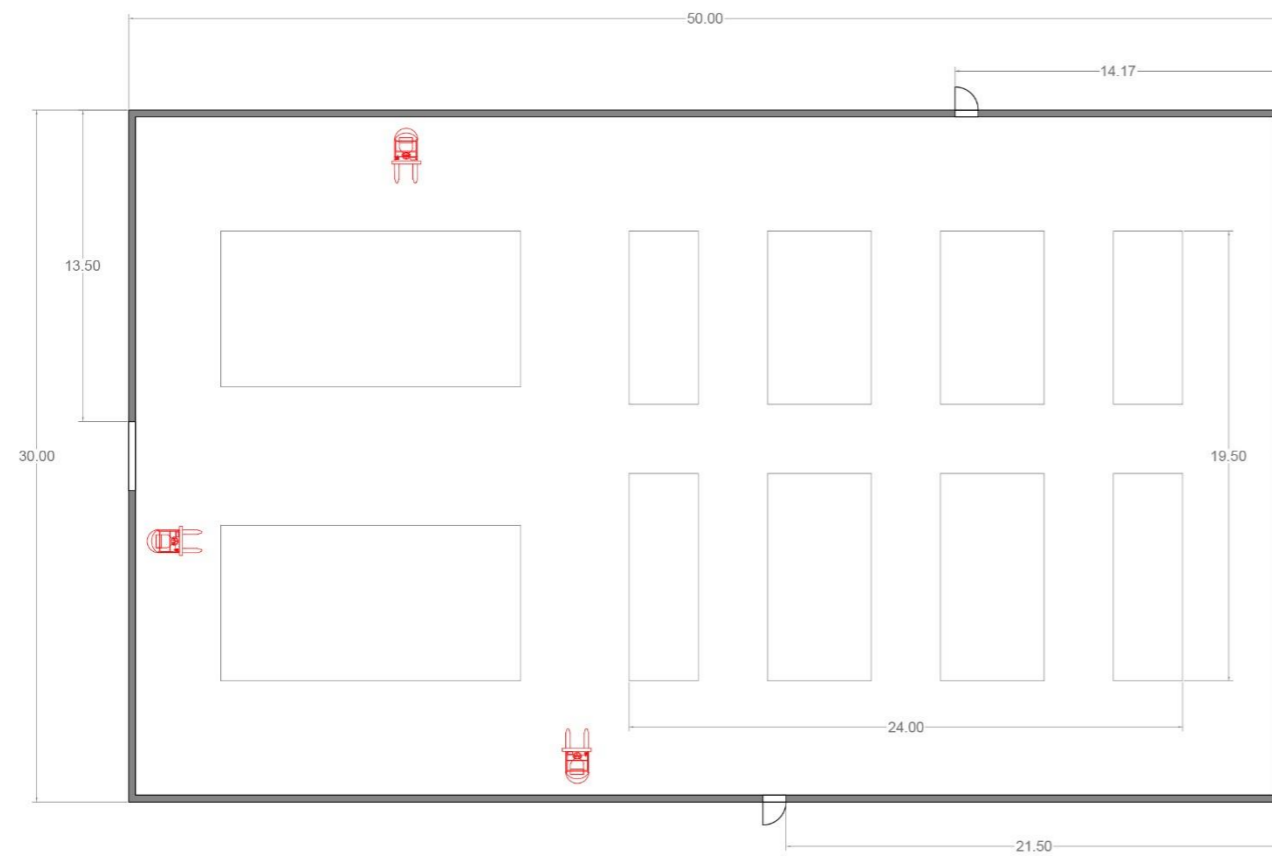
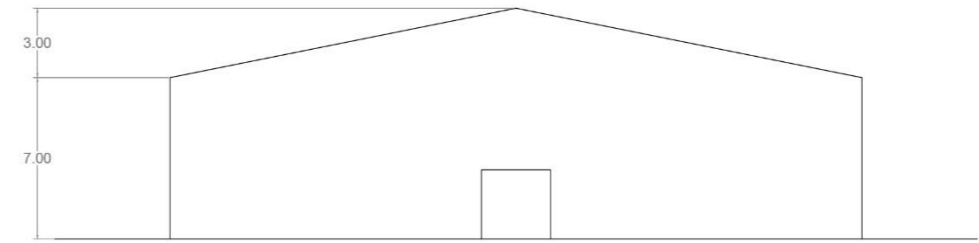
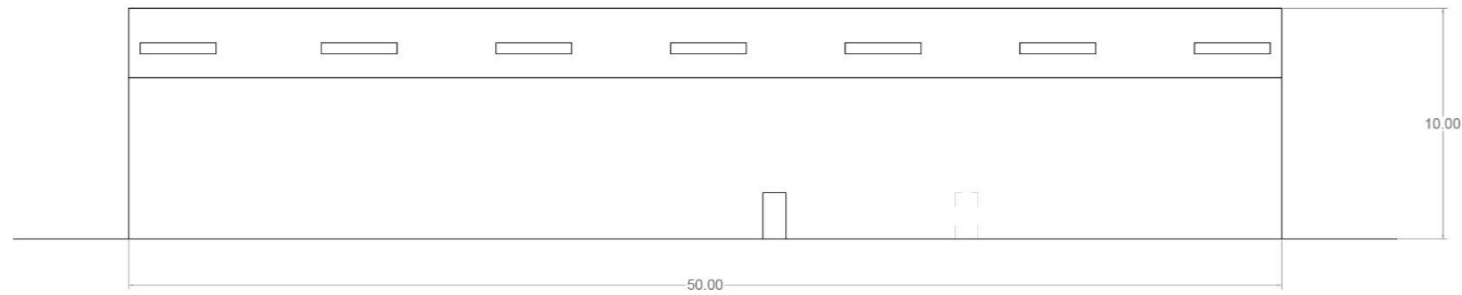
| | | |
|--|---------------------|------------------------|
| PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UN ALMACÉN INDUSTRIAL DEL SECTOR MECÁNICO EN LA PROVINCIA DE VALENCIA | | Fecha: 26/07/2021 |
| | | Escala: 1/10000 |
| Autor: Jose García Sanjuán | Plano: SITUACIÓN | Plano N°: 01 |





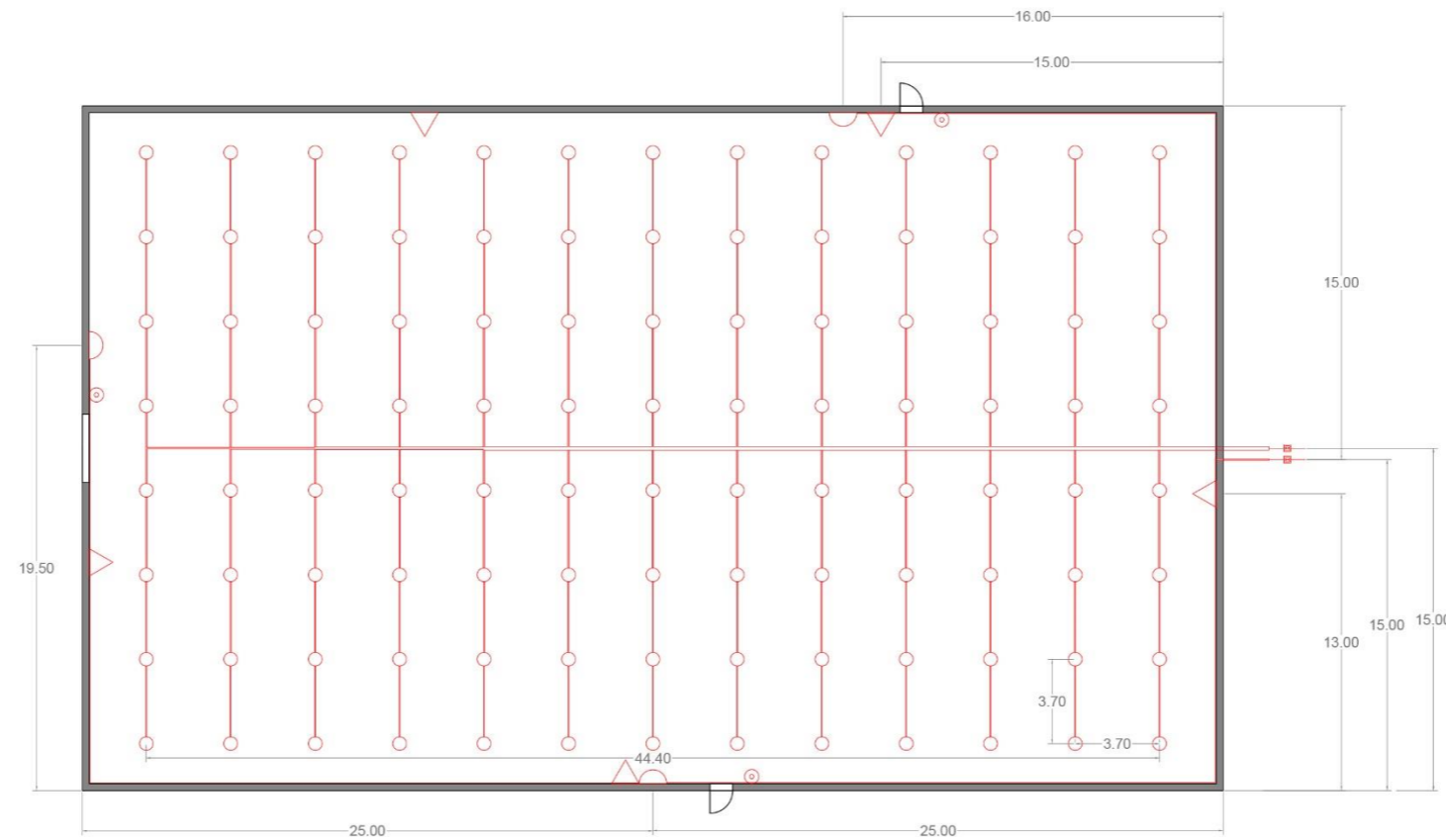
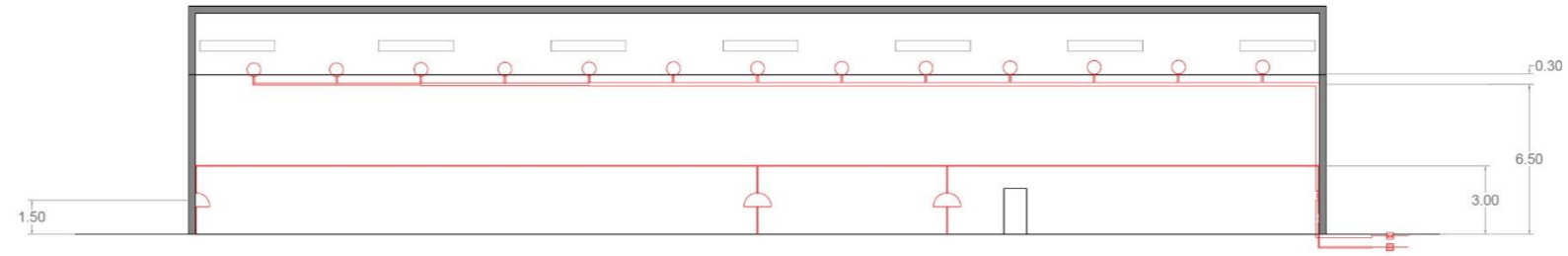
| | | |
|--|-------------------------|------------------------|
| PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UN ALMACÉN INDUSTRIAL DEL SECTOR MECÁNICO EN LA PROVINCIA DE VALENCIA | | Fecha: 26/07/2021 |
| | | Escala: 1/2000 |
| Autor: Jose García Sanjuán | Plano: EMPLAZAMIENTO | Plano N°: 02 |





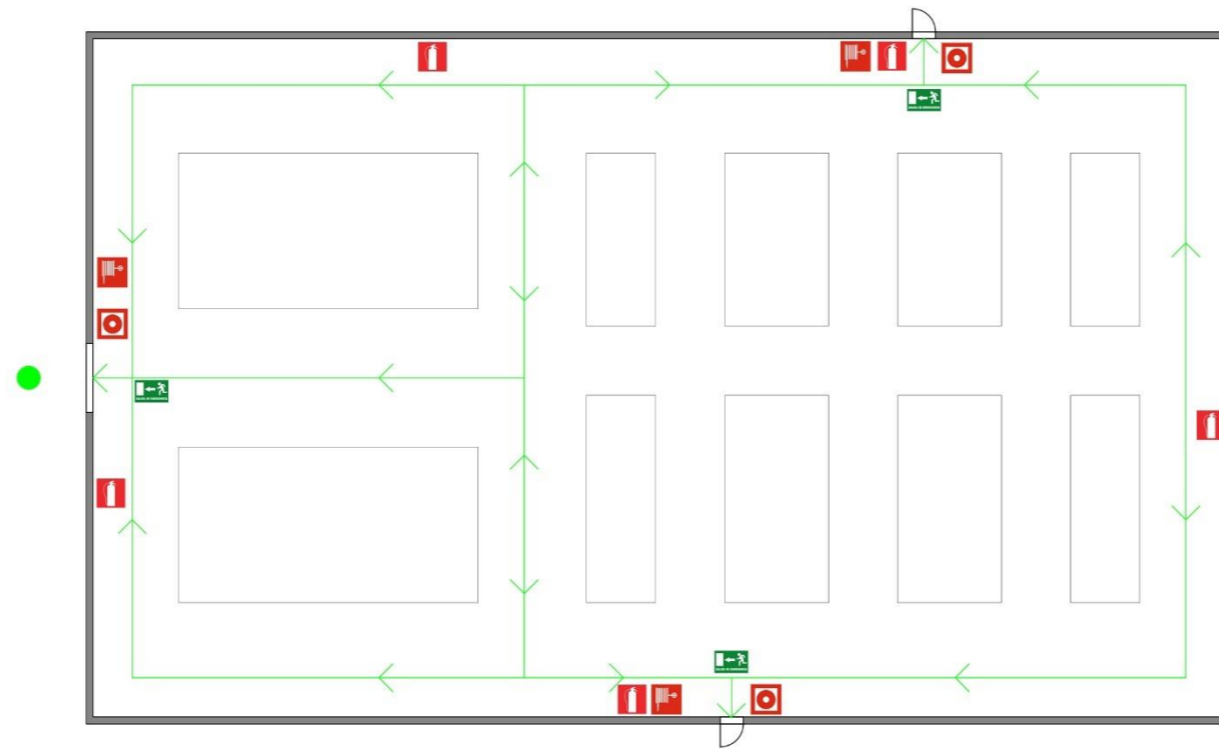
| | |
|--|------------------------|
| PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UN ALMACÉN INDUSTRIAL DEL SECTOR MECÁNICO EN LA PROVINCIA DE VALENCIA | Fecha: 26/07/2021 |
| | Escala: 1/300 |
| Autor: Jose García Sanjuán | Plano: CONJUNTO |
| | Plano N°: 03 |





| LEYENDA: | |
|----------|--|
| | PULSADOR MANUAL DE ALARMA DE INCENDIO |
| | EXTINTOR |
| | BIE 45 mm |
| | ROCIADORES AUTOMÁTICOS |
| | VÁLVULAS DE ALARMA |
| | VÁLVULAS DE CORTE/ SUMINISTRO MUNICIPAL |

| | | |
|---|--|------------------------|
| PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UN ALMACÉN INDUSTRIAL DEL SECTOR MECÁNICO EN LA PROVINCIA DE VALENCIA | | Fecha: 26/07/2021 |
| | | Escala: 1/300 |
| Autor: Jose García Sanjuán | Plano: INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS | Plano N°: 04 |



| LEYENDA: | |
|----------|---------------------------------|
| | SEÑAL PULSADOR MANUAL |
| | SEÑAL EXTINTOR DE INCENDIOS |
| | SEÑAL BOCA DE INCENDIO EQUIPADA |
| | SEÑAL SALIDA DE EMERGENCIA |
| | RECORRIDO DE EVACUACIÓN |
| | PUNTO DE REUNIÓN |

| | | |
|--|---|------------------------|
| PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UN ALMACÉN INDUSTRIAL DEL SECTOR MECÁNICO EN LA PROVINCIA DE VALENCIA | | Fecha: 26/07/2021 |
| | | Escala: 1/300 |
| Autor: Jose García Sanjuán | Plano: VÍAS DE EVACUACIÓN Y SEÑALIZACIÓN CONTRA INCENDIOS | Plano N°: 05 |

-CAPÍTULO 3-

PLIEGO DE CONDICIONES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

1. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL

1.1 OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

El objeto del presente documento consiste en redactar las especificaciones técnicas de la parte del pliego de condiciones del diseño y cálculo de la instalación contra incendios del almacén ficticio indicado siguiendo las indicaciones del R.D. 2267/2004.

2. CONDICIONES TÉCNICAS

2.1 MATERIALES

2.1.1 PRODUCTOS CONSTRUCTIVOS

Los productos constructivos incorporados con carácter permanente a los edificios, según su uso previsto, llevarán el marcado CE siempre que su entrada se halle en vigor. Todo ello conforme con la directiva europea correspondiente a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen según la clase que han de alcanzar acorde a la norma UNE-EN 13501-1 para los materiales que dispongan de norma armonizada y ya esté en vigor el mercado CE.

Las condiciones de reacción al fuego que se aplican a los elementos constructivos se justificarán mediante la clase que figura en cada situación en primer lugar según a la nueva clasificación europea y mediante la clase en segundo lugar entre paréntesis según norma UNE 23727:1990.

Los productos de construcción cuya clasificación según norma UNE 23727:1990 sea válida para tales aplicaciones podrán seguirse utilizando tras su periodo de coexistencia hasta que se establezca una nueva regulación de la reacción al fuego para dichas aplicaciones basada en sus escenarios de riesgo específico. Para acogerse a esta posibilidad, estos productos deberán acreditar su clase de reacción al fuego según la mencionada normativa mediante un sistema de evaluación de la conformidad equivalente al correspondiente al del mercado CE aplicado.

La justificación de que un producto de construcción alcanza la clase de reacción al fuego exigida se acreditará mediante ensayo de tipo o certificado de conformidad a normas UNE emitidos por un Órgano de Control que cumpla los requisitos establecidos en el R.D. 2200/1995 del 28 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial.

Conforme los diferentes productos deban constar obligatoriamente con el marcado CE, los métodos de ensayo aplicables en cada situación serán los definidos en las normas UNE-EN y UNE-EN-ISO correspondientes.

La justificación de que un elemento constructivo portante alcanza el valor de estabilidad al fuego exigido se acreditará mediante contraste con los valores fijados en la Norma Básica de la Edificación correspondiente en vigor; y mediante marca de conformidad con normas UNE o certificado de conformidad con las especificaciones técnicas especificadas en el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI). Estos también serán emitidos por un Organismo de Control que cumpla con las exigencias del R.D. 2200/1995 del 28 de diciembre.

La justificación de que un elemento constructivo de cerramiento alcanza el valor de resistencia al fuego exigido se acreditará por contraste a los valores fijados en la NBE en vigor correspondiente y mediante marca de conformidad y mediante marca de conformidad con normas UNE o certificado de conformidad con las especificaciones técnicas especificadas en el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI). Estos también serán emitidos por un Organismo de Control que cumpla con las exigencias del R.D. 2200/1995 del 28 de diciembre.

2.1.2 APARATOS, EQUIPOS, SISTEMAS Y COMPONENTES

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de este establecimiento industrial cumplen lo establecido en el R.D. 2267/2004 del 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

Los instaladores de las instalaciones de protección contra incendios de este establecimiento industrial cumplen con los requisitos que, para ellos, establece el RIPCI y las disposiciones que lo complementan.

3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

Para la puesta en servicio de las instalaciones de protección contra incendios de este establecimiento industrial se requiere la presentación ante el órgano competente de la Comunidad Valenciana, de un certificado emitido por un Técnico Titulado Competente y visado por su Colegio Oficial correspondiente en el que se ponga de manifiesto la sujeción de las instalaciones al Proyecto y el cumplimiento de las condiciones técnicas y prescripciones reglamentarias que correspondan, con objeto de registrar la referida instalación. En dicho certificado debe figurar el nivel de riesgo intrínseco del establecimiento industrial, el número de sectores y su propio riesgo intrínseco, así como las características constructivas que justifican el cumplimiento de la normativa. Asimismo debe incluir un certificado de la empresa o empresas instaladoras autorizadas firmado por el Técnico Titulado Competente respectivo que se acoja a la normativa del R.D.

3.1 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

La puesta en funcionamiento y el mantenimiento de las instalaciones de protección frente a incendios del establecimiento industrial deberá cumplir con lo estipulado en el RIPCI, aprobado por el R.D. 2267/2004 y su normativa en vigor correspondiente.

Los mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios deberán cumplir con los requisitos que establece el RIPCI así como las disposiciones que lo complementan, certificados y documentación.

Los establecimientos industriales que se amplían o reforman requieren la presentación, junto a la documentación exigida por la legislación vigente para la obtención de los permisos y licencias perceptivas de un Proyecto que justifica el cumplimiento del RSCIEI aprobado en el R.D. 2267/2004 del 3 de diciembre.

A efecto de la comercialización de productos en el marco de la Unión Aduanera, sometidos a las reglamentaciones nacionales de seguridad industrial, la Administración Pública competente deberá aceptar la validez de los certificados y marcas de conformidad a norma y las actas o protocolos de ensayos que son exigibles por las citadas reglamentaciones, emitidos por organismos de evaluación de la conformidad oficialmente reconocidos en dichos Estados, siempre que reconozcan por la Administración Pública competente que los citados agentes ofrecen garantías técnicas, profesionales y de independencia e imparcialidad equivalentes a las exigidas por la legislación española y que las disposiciones legales vigentes del Estado miembro conforme a las que se evalúa la conformidad comporten un nivel de seguridad equivalente al exigido por las correspondientes disposiciones españolas.

En el establecimiento industrial habrá constancia documental del cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo de los medios de protección contra incendios existentes, realizados de acuerdo a lo establecido en el apéndice 2 del RIPCI, de las deficiencias observadas en el cumplimiento de este.

3.2 REVISIONES E INSPECCIONES PERIÓDICAS

Con independencia de la función inspectora asignada a la Administración Pública competente en materia de industria de la Comunidad Autónoma y de las operaciones de mantenimiento previstas en el RIPCI, y de acuerdo a los Artículos 6, 7 y 9 del RSCIEI, el titular de este establecimiento industrial deberá solicitar a un Organismo de Control facultado la inspección de las instalaciones a las que se les aplica este reglamento con una periodicidad no superior a 2 años por tratarse de un establecimiento de riesgo intrínseco Alto. De dichas inspecciones se redactará un acta, firmada por el Técnico Titulado Competente del Organismo de Control que ha procedido a la misma, y por el titular o técnico del establecimiento industrial, quienes conservarán una copia de esta. En el establecimiento industrial habrá constancia de estas inspecciones.

-CAPÍTULO 4-

PRESUPUESTO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



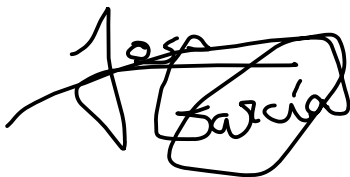
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

| PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UN ALMACÉN INDUSTRIAL DEL SECTOR MECÁNICO EN LA PROVINCIA DE VALENCIA | | | |
|--|----------|-------------------|----------------------|
| PRESUPUESTO | | | |
| MATERIALES | | | |
| Concepto | Cantidad | Precio ud. (€) | Importe total (€) |
| Extintor de agua pulverizada. | 5 | 62,62 | 497,35 |
| BIE 45 mm con 20 m de manguera plana. | 3 | 151,25 | 453,75 |
| Pulsador de alarma manual. | 3 | 10,95 | 32,85 |
| Rociador automático montante, respuesta normal con ampolla fusible de vidrio frágil de 5 mm de diámetro y disolución alcohólica de color rojo, rotura a 68°C, de 1/2" N 15 mm de diámetro de rosca, coeficiente de descarga K de 80 (métrico), presión de trabajo 12 bar, acabado lacado color bronce. | 104 | 5,58 | 580,32 |
| Accesorios y piezas especiales para conexión de rociador a red de distribución de agua. | 1 | 2,71 | 2,71 |
| Luminaria de emergencia legrand 110 lúmenes. | 16 | 22,14 | 354,24 |
| Sistema de bombeo y presión contra incendios 12 m ³ /h a 50 mca. | 1 | 1330 | 1.330 |
| Tubería de acero negro 25 mm. | 96,2 m | 7,45 €/m | 716,69 |
| Tubería de acero negro 32 mm. | 96,2 m | 9,42 €/m | 906,204 |
| Tubería de acero negro 40 mm. | 84 m | 10,53 €/m | 884,52 |
| Tubería de acero negro 50 mm. | 236,4 m | 15,31 €/m | 3.619,284 |
| Tubería de acero negro 65 mm. | 7,6 m | 20,01 €/m | 152,076 |
| Tubería de acero negro 80 mm. | 3,7 m | 26,41 €/m | 97,717 |
| Tubería de acero negro 100 mm. | 7,4 m | 39,90 €/m | 295,26 |
| Tubería de acero negro 150 mm. | 41,8 m | 47,34 €/m | 1.978,812 |
| Codo roscado 90° DN-40. | 3 | 2,51 | 7,53 |
| Codo roscado 90° DN-50. | 2 | 3,50 | 7 |
| Codo roscado 90° DN-150. | 2 | 24,35 | 48,7 |
| Te roscada en cruz DN-50. | 15 | 8,672 | 130,08 |
| Te roscada en cruz DN-65. | 13 | 27,716 | 360,308 |
| Te roscada en cruz DN-150. | 1 | 32,35 | 32,35 |
| Válvula de esfera DN-50. | 1 | 140,69 | 140,69 |

| | | | |
|-------------------------------------|-----------------|--------------|---------------------|
| Válvula de mariposa DN-150. | 1 | 125,63 | 125,63 |
| Válvula de alarma DN-150. | 1 | 440,75 | 440,75 |
| Señal de extintor de incendios. | 5 | 5,79 | 28,95 |
| Señal BIE. | 3 | 5,79 | 17,37 |
| Señal de pulsador manual de alarma. | 3 | 5,79 | 17,37 |
| Señal de salida de emergencia. | 2 | 8,92 | 8,92 |
| Subtotal materiales y accesorios: | | | 13.267,431 € |
| MANO DE OBRA | | | |
| Concepto | Número de horas | Precio/h (€) | Importe total (€) |
| Fontanero. | 6 | 25 €/h | 150 |
| Ayudante de fontanero. | 6 | 15 €/h | 90 |
| Diseñador. | 15 | 30 €/h | 450 |
| Subtotal mano de obra: | | | 690 € |
| BASE IMPONIBLE | | | |
| Total materiales y mano de obra. | | | 13.957,431 € |
| 10% gastos generales. | | | 1.395,743 € |
| 12% beneficio industrial. | | | 1.674,891 € |
| 10% honorarios del proyectista. | | | 1.395,743 € |
| 6% licencias y trámites. | | | 837,445 € |
| Base imponible: | | | 19.261,253 € |

El presupuesto total asciende a DIECINUEVE MIL DOSCIENTOS SESENTA Y UN EUROS CON DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS y engloba la totalidad de la instalación contra incendios diseñada para el almacén industrial objeto de estudio, así como su puesta en servicio.

Valencia, 11 de agosto del 2021



Jose García Sanjuán

ANEXO I: BIBLIOGRAFÍA

«2.2. Márgenes y cajetín |». Accedido 12 de agosto de 2021.

https://www.lanubeartistica.es/Dibujo_Tecnico_Primer/UD5/DT1_U5_T1_Contentidos_v02/22_mrgenes_y_cajetn.html.

«Bloques AutoCAD Gratis de autoelevador - carretilla elevadora de horquillas, vista en planta». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.bloquesautocad.com/autoelevador-carretilla-elevadora/>.

«Cepreven - Asociación de investigación para la seguridad de vidas y bienes». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.cepreven.com/normativa-distancia-entre-bies-794>.

«Codo 90° PVC roscar | Poolaria». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.poolaria.com/accesorios-de-pvc/1042-codo-90-pvc-roscar.html#/2230-medida-1>.

«COLECCIÓN FICHAS SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS PROTECCIÓN ACTIVA 2.7. SCTEH. Sistema de control de temperatura y evacuación natural de humos.pdf». Accedido 12 de agosto de 2021.

https://www.enginyersbcn.cat/media/upload//arxiu/collegi/Manual_Seguratat_Incendis/FITXA-2.7._FINAL_web.pdf.

«Diferencias entre agua nebulizada y agua pulverizada | Semamcoin». Accedido 12 de agosto de 2021.

<http://semamcoin.com/diferencias-entre-agua-nebulizada-y-agua-pulverizada/>.

«Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio.pdf». Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.asturcons.org/docsnormativa/4421_607.pdf.

«Exutorios. Ventilación y eliminación de humos y gases en edificios industriales». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://plantillea.com/blogs/articulos/exutorios-ventilacion-y-eliminacion-de-humos-y-gases-en-edificios-industriales>.

Sergio Rechi Ferrera, y María Teresa Mira Llosa. «Diseño y cálculo de una instalación contra incendios en una nave industrial», s. f., 148.

«Legrand - Luz de Emergencia Legrand URA21NEW 110 Lumenes 661702 - MasVoltaje.com». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://masvoltaje.com/luces-emergencias/605-luz-de-emergencia-legrand-ura21new-110-lumenes-661702-3245066617029.html>.

«Los diferentes tipos de sistemas de rociadores automáticos - PREFIRE Innovation Hub». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.prefire.es/hub/2014/09/los-diferentes-tipos-de-sistemas-de-rociadores-automaticos/>.

Som Arquitectura. «Opciones para descargar un archivo dxf de la web del catastro», 4 de julio de 2017.

<https://www.somarquitectura.es/2017/07/04/descargar-un-archivo-dxf-catastro/>.

«PLAN DE FORMACIÓN DEL CTE-CSCAE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN Parte II.pdf». Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.coavn.org/coavn/cte/presentacion/CTE_DB_SI6_Total_Zulueta.pdf.

«pliego general.pdf». Accedido 12 de agosto de 2021.

<http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Asuntos%20Economicos/Area%20de%20Gestion%20Economico%20y%20Financiera/Contratacion/2017/Obras/OB-13-17%20JV/pliego%20general.pdf>.

«Precio en España de m de Red de distribución de agua. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.» Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Contra_incendios/Sistemas_de_abastecimiento_de_agua/Red_de_distribucion_de_agua.html#gsc.tab=0.

«Precio en España de Ud de Colector de distribución de agua. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.» Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=3%7C0_0%7C0%7CICS030%7Cics_030:_0_0_0_9_0_30_0_3#gsc.tab=0.

«Precio en España de Ud de Extintor. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.» Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Contra_incendios/Extintores/Extintor_0_0_2_0_0_0_0_0.html#gsc.tab=0.

«Precio en España de Ud de Rociador. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.» Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Contra_incendios/Sistemas_de_extincion_fijos/Rociador.html#gsc.tab=0.

«Precio en España de Ud de Señalización de equipos contra incendios. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.» Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Contra_incendios/Senalizacion/IOS010_Senalizacion_de_equipos_contra_ince.html#gsc.tab=0.

«Precio en España de Ud de Válvula. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.» Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=4|0_0_0_0_0_0|1|IOB025|job_025:_0_1_0_0_0_0_0_0#gsc.tab=0.

«Precio en España de Ud de Válvula. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.» Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=5|0_0_0_0|3|IOB025|job_025:_0_0_0_0_0_0_0_0_0_0#gsc.tab=0.

«Precio en España de Ud de Válvula. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.» Accedido 12 de agosto de 2021.

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=1|0_0_0_0|1|IOB025|job_025:_0_3_0_0_0_0_0_0#gsc.tab=0.

«PRESSMAN-Pérdida-de-Carga-en-Tuberías.pdf». Accedido 12 de agosto de 2021.

<http://www.eepm.es/wp-content/uploads/2018/04/PRESSMAN-Pe%CC%81rdida-de-Carga-en-Tuberi%CC%81as.pdf>.

«Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.», s. f., 13.

«Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.pdf». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2004/12/03/2267/dof/spa/pdf>.

«Resistencia al fuego | Arquitectura en acero». Accedido 12 de agosto de 2021.

<http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/resistencia-al-fuego>.

Bibliocad. «Sistema contra incendios en AutoCAD». Accedido 12 de agosto de 2021.

https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/sistema-contra-incendios_78055/.

«Te latón rosca 1 1/2 " h/h/h | Fontanería online». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.latiendadefontaneria.com/te-laton-rosca-1-1-2-h-h-h.html>.

«UNE 23007-2:1998 Sistemas de detección y de alarma de incendio...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0002377>.

«UNE 23032:2015 Seguridad contra incendios. Símbolos gráficos p...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0056001>.

«UNE 23033-1:1981 Seguridad contra incendios. Señalización.» Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0002395>.

«UNE 23034:1988 Seguridad contra incendios. Señalización de seg...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0002396>.

«UNE 23035-1:2003 Seguridad contra incendios. Señalización foto...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0030393>.

«UNE 23035-2:2003 Seguridad contra incendios. Señalización foto...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0030392>.

«UNE 23035-3:2003 Seguridad contra incendios. Señalización foto...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0030391>.

«UNE 23035-4:2003 Seguridad contra incendios. Señalización foto...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0030390>.

«UNE 23500:2018 Sistemas de abastecimiento de agua contra incen...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060726>.

«UNE-EN 54-1:2011 Sistemas de detección y alarma de incendio. P...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0048151>.

«UNE-EN 12845:2016 Sistemas fijos de lucha contra incendios. Si...»
Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0057299>.

«VENTRA – BACH». Accedido 12 de agosto de 2021.

<https://www.bach-sl.com/project/smoke-vent-ventra/?lang=es>.

ANEXO II: INFORMACION PARA LA GESTION DOCUMENTAL PREVENTIVA EN LA EMPRESA

En este TFG se ha incorporado, además del cálculo para la instalación de los medios de protección frente a incendio, la propuesta de señalética para la evacuación del establecimiento así como las revisiones de los diferentes medios de protección, para la actuación eficaz en caso de emergencia.

Todo esto, por lo tanto, además de constituir el cumplimiento de la legislación industrial (sistemas de extinción y su mantenimiento operativo...) debe formar parte de su gestión preventiva debidamente documentada, a partir de la modificación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de 1995... concretamente en su Modificación por la ley 54 de 2003, en el que se recuerda la necesidad de tener un sistema documental denominado Plan de prevención de riesgos laborales bien documentado en el que se recoja la gestión preventiva de la empresa. Los puntos más importantes del documento deben ser: Política de prevención y Seguridad de la empresa en el que explícitamente tiene que comprometerse a tener un protocolo de emergencias y su compromiso en verificar su implantación, para comprobar su funcionamiento en caso de emergencias. Modalidad preventiva decidida por el empresario de acuerdo a la LPRL. Gestión adecuada de los equipos de trabajo. Formación e información de los trabajadores. gestión adecuada de los equipos de protección individual. Tener protocolo implantado para las situaciones de emergencia que supongan una evacuación (por lo tanto, tanto riesgo de incendio, riesgo de intrusismo, riesgo por accidente mayor...).

Por este motivo la obligación del empresario respecto de la LPRL solo refiere “Medidas de Emergencia”, y es según lo que determine la norma específica de cada país respecto de lo que en España es protección Civil, adquirirá un contenido concreto para el cumplimiento del apartado referido en la LPRL (artículo 20 de la LPRL)

Artículo 20 de la LPRL

- Analizar situaciones de emergencia.
- Adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores.

- Designar al personal encargado de llevar a cabo estas medidas, el cual debe ser formado.
- Comprobar periódicamente el correcto funcionamiento de dicho plan.

La ley de PRL no indica ningún criterio específico sobre la redacción del contenido del plan.

En cambio, el plan de autoprotección se deriva del Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia. Esta Norma Básica de Autoprotección (NBA), viene en parte a completar y sustituir el plan de emergencia que existía hasta entonces, incrementando su contenido y alcance. Por ejemplo:

- Establece el catálogo de actividades donde pueden generarse situaciones de emergencia (Anexo I)
- Articula un programa de contenidos mínimos que debe recoger el plan de autoprotección (Anexo II)

El plan de autoprotección debe registrarse administrativamente en el órgano establecido por la comunidad autónoma competente, mientras que el plan de emergencias no.

| Plan de Emergencia | Plan de autoprotección |
|---|---|
| Obligación según art 20 Ley 31/1995 | Obligación según RD 393/2007, y otra normativa autonómica y sectorial |
| No necesita ser registrado administrativamente | Necesita ser registrado administrativamente |
| Se debe revisar cuando se identifiquen situaciones de emergencia o haya cambios físicos, técnicos y de personal en el centro de trabajo | Igual que los planes de emergencia, pero mínimo cada tres años |

Tabla 4. Plan de emergencia y plan de autoprotección.

Plan de autoprotección (en España): definición (RD 393/2007)

RD 393/2007 determina que el plan de autoprotección es el documento que establece el marco orgánico y funcional previsto para una actividad, centro, establecimiento, espacio instalación o dependencia, con el objeto de prevenir y controlar los riesgos sobre las personas y los bienes y dar respuesta adecuada a las posibles situaciones de emergencias, en la zona bajo responsabilidad del titular de la actividad, garantizando la integración de estas actuaciones con el sistema público de protección civil.

¿Cuándo es obligatorio contar con un plan de autoprotección?

El anexo I de la Norma Básica de Autoprotección recoge las actividades económicas y sectores a los que se les exige un plan de autoprotección junto a las disposiciones específicas que deben tener en cuenta; en dicho anexo se incluyen actividades como:

- Actividades industriales, de almacenamiento y de investigación
- Actividades de infraestructuras de transporte
- Actividades e infraestructuras energéticas
- Actividades de espectáculos públicos y recreativas. Lugares, recintos e instalaciones en las que se celebren los eventos regulados por la normativa vigente en materia de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas.

¿Qué sucede con aquellas empresas que no se encuentren en ese catálogo de actividades?

Deben desarrollar por escrito sus medidas de emergencia según lo estipulado en el artículo 20 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales. Este documento puede adoptar diversas denominaciones (plan, protocolo, procedimiento o manual de emergencia y evacuación), pudiendo integrar su contenido en el propio plan de prevención de la empresa.

Lo más importante es que los trabajadores sean informados de qué acciones realizar en caso de emergencia y cómo evacuar el centro de trabajo de manera rápida y segura.

En resumen, un plan de autoprotección es un plan de emergencia con unas características muy específicas, aquellas empresas del anexo I debieron adaptar en su momento los planes de emergencia a planes de autoprotección, el resto de empresas precisan únicamente de planes de emergencia si bien es cierto que hay una cierta tendencia a adaptar estos planes de emergencia a la estructura de plan de autoprotección del RD 393/2007 al estar mejor definida en esta normativa cuáles serían los requerimientos mínimos para este tipo de planes.

Este trabajo, desde el punto de vista preventivo, recoge la evaluación de riesgos para emergencia de incendio y los medios de protección según normativa industrial vigente. El empresario debe incorporarlo a su sistema de emergencia, con asignación de actuaciones a: Equipos de alarma y evacuación (E.A.E.), Equipos de primeros auxilios (E.P.A.), Equipos de Primera Intervención (E.P.I.), Equipo de Segunda Intervención (E.S.I.), Jefe de Intervención (J.I.) y Jefe de Emergencia (J.E.); todo esto para su posterior implantación en la empresa.