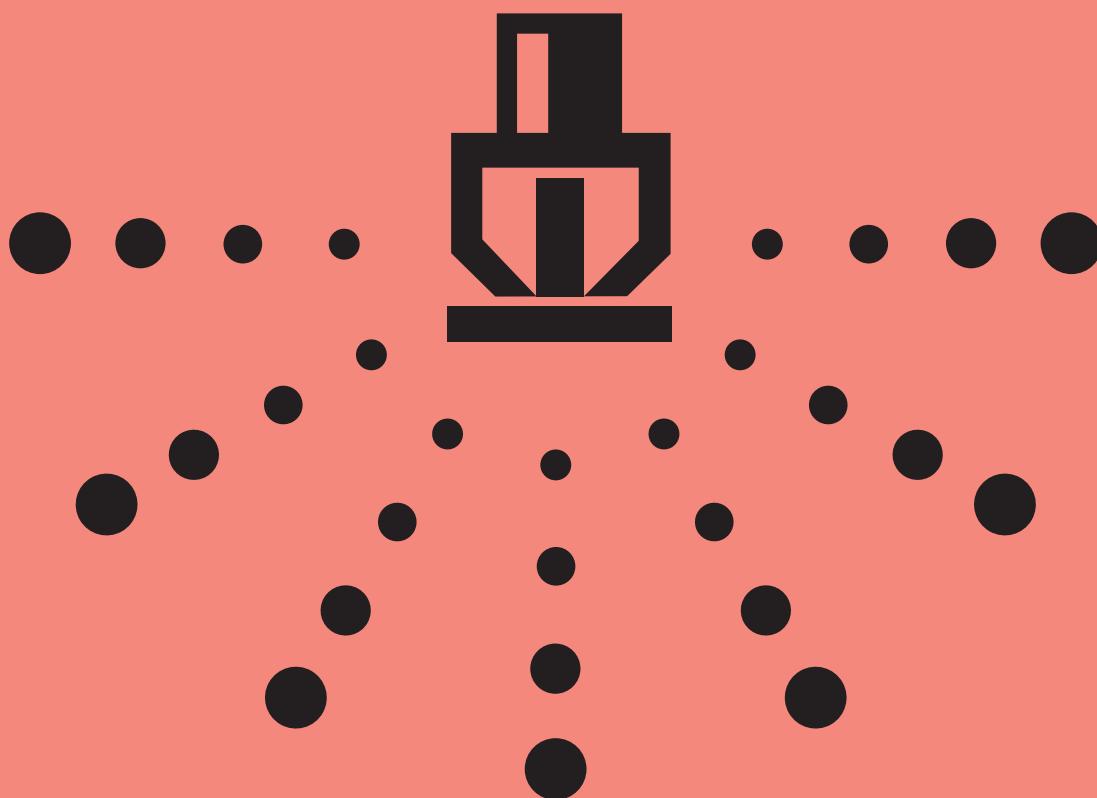


PROTECCIÓN ACTIVA

2.10. Sistemas de extinción por agua nebulizada

Juan David García Borrajo
Ingeniero Técnico Industrial



ENGINYERS | BCN



COL·LEGI D'ENGINYERS GRADUATS
I ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS
DE BARCELONA

Créditos

Autor:

Juan David García Borrajo

Coordinación:

Laia Liébana y Òscar Rosique

Revisión:

Comissió de Seguretat Contra Incendis i Emergències

Coordinación editorial:

Departament de Formació, Comunicació i Màrqueting

1ª Edición:

Abril de 2019

Edita:

Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona

Consell de Cent, 365 - 08009 Barcelona

Tel.: 934 96 14 20 - Fax: 932 15 20 81

ebcn@ebcn.cat - www.enginyersbcn.cat

Corrección y asesoramiento lingüístico:

l'Apòstrof

Diseño gráfico:

[María Luque](#)

Índice

1. Objeto y alcance	04
2. Introducción	04
2.1. Generalidades de los sistemas de agua nebulizada	04
2.2. Definiciones y terminología	05
3. Normativas de referencia	06
3.1. Normativas de aplicación	06
3.2. Otras normativas y normas técnicas	08
3.3. Protocolos de ensayo	08
4. Aplicación	09
4.1. Principios de funcionamiento	09
4.2. Tipos de protecciones	12
4.2.1. Clases de fuegos	12
4.2.2. Alcance de la protección	13
4.2.3. Aplicaciones	13
4.2.4. Exclusiones	14
4.2.5. Ventajas de los sistemas de agua nebulizada	14
4.3. Componentes	15
4.4. Tipos de sistemas de agua nebulizada	18
4.4.1. Baja presión	18
4.4.2. Alta presión	19
4.4.3. Otros tipos de sistemas: sistemas híbridos	21
4.5. Procedimiento de diseño	22
4.5.1. Clasificación del riesgo	23
4.5.2. Parámetros de diseño	23
4.5.3. Tiempo de descarga	24
4.5.4. Dimensionado y cálculo de la red de tubería	24
4.5.5. Configuración de sistemas	25
4.5.6. Sistemas de detección, activación y control	26
4.5.7. Diseño basado en prestaciones	27
4.5.8. Otras consideraciones de diseño	27
4.6. Criterios generales de instalación	28
4.6.1. Requisitos básicos de la instalación	28
4.6.2. Pruebas de aceptación	31
5. Mantenimiento	31
6. Caso práctico	33
7. Normativas referenciadas	35
8. Archivos PROveedores COMerciales (PROCOM)	37

1. Objeto y alcance

El objeto de esta ficha técnica es definir qué son los sistemas de extinción mediante agua nebulizada, qué tipo de clasificaciones podemos hacer de ellos y de qué elementos están compuestos.

Se presentarán los conceptos básicos de los distintos mecanismos de extinción de dichos sistemas, en qué aplicaciones podemos utilizarlos, cómo diseñarlos y qué ventajas obtenemos de su utilización.

Asimismo, se indicarán cuáles son las normativas que les conciernen y sus criterios de aplicación, en función del tipo de aplicación de que sea objeto el diseño en cuestión.

Finalmente, se establecerán los requisitos para la instalación y el mantenimiento correctos de acuerdo con los requisitos de la normativa vigente.

No se pretende hacer de esta guía una herramienta de diseño que recoja de forma exhaustiva las distintas aplicaciones prácticas, ya que son muy diversas, son numerosos los reglamentos y normas técnicas los que se encargan de su tratamiento, y existen también multitud de fabricantes que disponen de diferentes soluciones certificadas.

2. Introducción

2.1. Generalidades de los sistemas de agua nebulizada

De las numerosas opciones con que se cuenta a la hora de diseñar un sistema de extinción de incendios, los sistemas de agua nebulizada son, sin duda, uno de los que están experimentando mayor crecimiento en los últimos años. Si bien hace tiempo tenían un uso muy limitado y enfocado a aplicaciones específicas, su uso es cada vez más cotidiano en multitud de aplicaciones y se ha consolidado como una solución aceptada y fiable para técnicos, usuarios, cuerpos de protección, entidades aseguradoras, etc.

Una de las aplicaciones históricas principales de los sistemas de agua nebulizada se encuentra en el ámbito marítimo, en embarcaciones civiles y militares, plataformas, etc., de cuyo desarrollo ha sido principal responsable la IMO (International Maritime Organization) gracias a sus diversos comités de trabajo. Es en varias de estas aplicaciones, en especial en protección de salas de maquinaria, donde se ha encontrado un importante desarrollo posterior en aplicaciones terrestres.

En este proceso de evolución histórica, han sido varias las razones que han tenido relevancia en la extensión de los sistemas de extinción mediante agua nebulizada. En primer lugar, la eficacia demostrada de estos sistemas con el paso de los años, que posiblemente sea la más importante. Los mecanismos propios de extinción, basados en la reducción del tamaño de las gotas de agua proyectadas, han demostrado una mayor y más rápida transferencia de energía contra el incendio, en comparación con los sistemas de extinción mediante rociadores (*sprinklers*). En comparación con estos sistemas, ha incrementado la eficacia, además de reducir el consumo de agua necesario (en mayor o menor medida dependiendo de la aplicación) que se refleja en una reducción de los daños ocasionados por el agua, así como del espacio (o volumen) requerido para su almacenamiento. En capítulos posteriores de este documento, se profundizará en las múltiples ventajas que entraña el uso de sistemas de extinción por agua nebulizada.

Por otro lado, se ha mostrado como un sustituto eficaz de los agentes gaseosos en la protección de aplicaciones específicas tras la prohibición y limitación del uso de estos por razones normativas como son, en un primer momento, la prohibición del uso de halones (Reglamento Europeo 2037/2000), por sus efectos adversos sobre el ozono, y la limitación de uso de la mayor parte de gases fluorados (RD 795/2010) debido a su potencial contribución al calentamiento global.

Finalmente, el mismo mercado ha consolidado estos sistemas, ya que los fabricantes han identificado oportunidades de negocio en múltiples aplicaciones, con ayuda del ya mencionado escenario normativo, apostando por la inversión en el desarrollo de nuevos productos y, sobre todo, de nuevas soluciones certificadas. La aparición de soluciones certificadas en ámbitos donde anteriormente no existían ha tenido también gran importancia en el crecimiento de este mercado. Actualmente, la utilización del agua nebulizada para la extinción de incendios está acreditada, tanto en aplicaciones industriales como comerciales, a la vez que se ha mostrado efectiva para la extinción de fuegos de materia sólida como en líquidos inflamables.

Debe tenerse en cuenta que la normativa técnica de los sistemas de extinción por agua nebulizada ha ido evolucionando principalmente a partir del análisis prestacional de sus componentes y sistemas. Para ello, los ensayos de fuego en condiciones reales llevados a cabo en laboratorio han ido definiendo una normalización basada en su efectividad comprobada. Será de vital importancia para el técnico responsable del diseño la utilización de soluciones certificadas (por entidades acreditadas) para una determinada protección, y la aplicación de las mismas dentro de los límites de diseño que determinaron los test de acreditación, ya que serán la mejor garantía para la protección de bienes y personas.

2.2. Definiciones y terminología

Se incluyen en este apartado algunas definiciones y términos que ayudarán a la mejor comprensión y puesta en situación del contenido que se encontrará posteriormente en esta ficha.

Agua nebulizada: según la define la norma TS14972, es el agua en spray en la que el 90% del volumen acumulado de las gotas generadas tiene un tamaño inferior a 1 mm. Este valor corresponde a la presión mínima de trabajo del difusor y medido a una distancia de 1 m de este. Según NFPA 750, bajo las mismas condiciones, se establece un valor del 99% del volumen de gotas inferiores a 1 mm.

Sistema de agua nebulizada: son todos los medios de un sistema de protección contra incendios conectados a un suministro de agua con uno o más difusores capaces de proporcionar agua nebulizada para cumplir con los requerimientos del estándar o norma de aplicación.

Difusor: componente de uno o más orificios diseñado para producir y descargar agua nebulizada. Otras de sus denominaciones frecuentes son boquilla o atomizador.

Difusor automático: difusor que se mantiene cerrado mediante un elemento de activación térmica. También es denominado difusor (o boquilla) cerrado.

Tiempo de descarga: intervalo de tiempo que debe producirse como mínimo desde que el agente extintor aparece en el difusor y el momento en que dicho agente desaparece. Normalmente viene definido por la norma o ensayo que se aplique al sistema en cuestión.

Duración de descarga: tiempo acumulado durante el cual el agente extintor es aplicado en el medio protegido.

Sistema de aplicación local: sistema de agua nebulizada diseñado para proteger un objeto o riesgo en particular dentro de un recinto cerrado, no cerrado o exterior.

Sistema de aplicación total: en inglés, *total flooding system*; sistema de agua nebulizada diseñado para proteger el total de la superficie o volumen de un recinto.

Extinción de incendio: completa eliminación de cualquier fuego llameante o latente.

Supresión de incendio: reducción drástica del calor radiante y posibilidad de reignición de un fuego.

Control de incendio: limitación del crecimiento de un fuego y prevención de daños estructurales, que supone además una limitación de la radiación de calor.

Sistema de tubería mojada: sistema de agua nebulizada que utiliza difusores automáticos unidos a una estructura de tuberías conectada al suministro de agua; de esta manera, el agua se descarga inmediatamente sobre el fuego por efecto del calor generado.

Sistema de tubería seca: sistema de agua nebulizada que utiliza difusores automáticos unidos a una estructura de tuberías que contiene aire, nitrógeno o gas inerte a presión, cuya activación (mediante activación de un difusor) permite que el agua circule y se descargue través de los difusores activados.

Sistema de preacción: sistema de tubería seca en el que un sistema de detección de incendio independiente en el área protegida permite que el agua circule por la estructura de tuberías antes de la activación de ningún difusor automático.

Presión de diseño: máxima presión de trabajo que se espera aplicar a un sistema o componente.

Sistema de doble fluido: del término inglés *twin fluid system*, sistema que genera agua nebulizada mediante la mezcla en el difusor de agua y un gas a presión suministrados ambos por tuberías independientes.

3. Normativas de referencia

En este capítulo se presenta el marco normativo en el que se encuadran los sistemas de extinción mediante agua nebulizada. En dicho marco se encuentran normativas de obligado cumplimiento, normativas y normas técnicas aplicables para el diseño de estos sistemas, y protocolos técnicos en los que se definen los límites de diseño y pruebas de ensayo para aplicaciones específicas.

3.1. Normativas de aplicación

Las normativas de obligado cumplimiento de ámbito nacional en cuanto a la dotación de sistemas de protección contra incendios y sus condiciones de diseño, planificación, puesta en servicio y mantenimiento se establecen en los siguientes reglamentos:

- **RD 513/2017, Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI).** Deroga el RD 1942/1993 vigente hasta su publicación. Publicado en el BOE el 22 de mayo de 2017, es de obligado cumplimiento en el Estado español, y establece con una base técnica qué requerimientos de habilitación y funcionamiento deben cumplir las empresas instaladoras y mantenedoras, qué requisitos y condiciones deben cumplir los equipos, sistemas y componentes de protección contra incendios y, finalmente, qué condiciones de instalación, puesta en servicio y mantenimiento periódico mínimo se deben llevar a cabo sobre las mismas. Esta revisión del reglamento por vez primera hace mención específica en su articulado (apartado 8 del anexo I) a las características que deben tener los sistemas fijos de extinción por agua nebulizada y que se citan a continuación:

1. *Los sistemas de extinción por agua nebulizada estarán conectados a un suministro de agua (almacenada en botellas o bien en depósito con sistema de bombeo), mediante un sistema de tuberías equipadas de una o más boquillas, capaces de nebulizar el agua en su descarga. Estos sistemas podrán descargar agua nebulizada pura o una mezcla de esta con otros agentes.*
2. *Los sistemas de extinción por agua nebulizada, sus características y especificaciones, así como las condiciones de su instalación, serán conformes a la norma UNE-CEN/TS 14972.*
3. *Los mecanismos de disparo y paro manuales estarán señalizados, conforme indica el anexo I, sección 2.ª, del presente Reglamento.*

Así pues, establece la obligatoriedad de usar como referencia en los diseños e instalaciones lo establecido por la norma europea UNE-CEN/TS 14972.

- **Norma UNE –CEN/TS 14972:2014**, idéntica al texto de la especificación técnica CEN/TS 14972:2011 publicada por el Comité Europeo de Normalización (CEN). Adoptada por AENOR como el estándar para la definición de los criterios de diseño e instalación de los sistemas de extinción mediante agua nebulizada. Su obligatoriedad de aplicación se establece en el nuevo RIPCI, que especifica que estos sistemas sean conforme a la norma UNE-CEN/TS14972:2014. Establece como principales criterios los siguientes:
 - Tipologías de activación y control.
 - Criterios de diseño e instalación.
 - Componentes y sus características.
 - Necesidades de suministro.
 - Ensayos de aceptación y mantenimiento.
 - Documentación.
 - En sus anexos: protocolos de ensayo para ciertos riesgos particulares (líquidos inflamables, galerías de cableado, freidoras de tipo industrial, recintos de oficinas de RO1 y diversos recintos de RO3); directrices generales para la definición de ensayos de fuego representativos, criterios de ensayo de boquillas, etc.; estos últimos de carácter informativo.

Existen a escala nacional dos reglamentos de obligado cumplimiento en cuanto a sistemas de protección contra incendios: el RD 314/2006, Código Técnico de la Edificación (en el Documento Básico - Seguridad en caso de Incendio, DB-SI), de ámbito no industrial, y el RD 2267/2004 - Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI), de aplicación en establecimientos industriales, que establecen qué sistemas de protección contra incendios se deben instalar en los establecimientos según su uso, tamaño, características, materiales contenidos, etc.

Ninguno de ellos recoge los sistemas de extinción mediante agua nebulizada en su articulado ni define su obligatoriedad de uso en ninguna aplicación, de lo que se concluye que la utilización de dichos sistemas recae en la responsabilidad del propietario del establecimiento, así como en el personal técnico competente que se encargue de su asesoramiento. Dicho personal técnico competente deberá asegurarse de la idoneidad técnica del sistema para la aplicación específica y a la vez realizar un diseño riguroso del sistema, para lo que contará en su cometido con el apoyo de numerosos estándares, reglas y protocolos técnicos.

3.2. Otras normativas y normas técnicas

En esta sección se recogen algunas de las más importantes y reconocidas normas técnicas que se pueden utilizar en el diseño de estos sistemas de extinción. Si bien no son de obligado cumplimiento en nuestro país, algunas sí que lo son en otros (como NFPA 750) o simplemente ofrecen los criterios de diseño para determinadas aplicaciones no recogidas en nuestra normativa obligatoria. De esta forma, se convierten en normas técnicas de reconocido prestigio cuyo uso puede realizarse y justificarse basado en criterios técnicos.

- **NFPA 750** (Standard on Water Mist Fire Protection Systems), última edición de 2015. Este estándar es el homólogo americano del anterior, con un alcance y contenido que puede considerarse similar, si bien incorpora algún contenido no referido en la norma europea. Es el caso de un capítulo dedicado a los sistemas de agua nebulizada para aplicaciones en instalaciones marinas (embarcaciones, plataformas, etc.) y de otro dedicado a la justificación y establecimiento de los correctos procedimientos de cálculo hidráulico aplicables a los sistemas.
- **FM Global** (Property Loss Prevention **Data Sheet 4-2. Water Mist Systems**), en su última revisión de julio de 2013. Este documento editado por Factory Mutual, importante organismo regulador y certificador americano, establece requerimientos técnicos en los componentes de los sistemas y criterios de diseño para distintas aplicaciones (especialmente interesante en lo que se refiere a sistemas de aplicación local). Asimismo, describe procedimientos de ensayo para la aprobación de sistemas para distintas aplicaciones. FM Global tiene numerosas fichas técnicas (Data Sheets) editadas, que son una guía útil para la protección de riesgos específicos (por ejemplo, DS 7-79, protección contra incendio de turbinas de gas y generadores eléctricos).
- **IMO (International Maritime Organization)**. Se ha encargado históricamente, desde sus diversos comités (MSC – Maritime Safety Committee), al estudio de los sistemas de protección en instalaciones marinas y al desarrollo de guías de aplicación para la aprobación de sistemas de protección contra incendio basados en agua. En ellas se definen los test que deben realizarse, así como los criterios para superarlos. Son ejemplos de ello las circulares Circ. 1165 y Circ. 1387 para la protección de salas de maquinaria en embarcaciones.

3.3. Protocolos de ensayo

En este apartado se recogen algunos de los numerosos protocolos que establecen los criterios de ensayo de sistemas y componentes para la extinción por agua nebulizada. En ellos se establecen el

número y las características de los escenarios de prueba, incluyendo el tipo y el tamaño de fuego, que se deben superar para la certificación de la solución o componente ensayado. Una vez superados, el resultado de las pruebas acaba definiendo los límites de diseño para los cuales la utilización de dicha solución es válida.

- **FM5560** (Approval Standard for Water Mist Systems). Establece las condiciones de ensayo para múltiples aplicaciones: salas de maquinaria (varios tamaños y tipos), riesgos de no almacenaje de categoría 1 (HC1), freidoras industriales, suelos técnicos en salas de ordenadores, etc.
- **FM5580** (Approval Standard for Hybrid –Water and Inert Gas– Water Mist Systems). Establece las condiciones de ensayo para múltiples aplicaciones: salas de maquinaria (varios tamaños y tipos), riesgos de no almacenaje de categoría 1 (HC1), suelos técnicos en salas de ordenadores, etc.
- **UL 2167** (Standard for Water Mist Nozzles for Fire Protection Service). Este estándar contiene requerimientos que deben cumplir los difusores o atomizadores para el uso en sistemas de agua nebulizada para la protección de diversos tipos de riesgos (terrestres y marítimos). Se centra en su fabricación y test, pero también en el diseño de los sistemas que les ocupan.
- **Varios IMO**. En aplicaciones marítimas (embarcaciones), define ensayos que establecen los límites de diseño y características, especialmente para las salas de máquinas. Son ejemplos IMO1165 e IMO1367 (antigua IMO913) para protección mediante la aplicación total (o por volumen) y local, respectivamente.
- **TS14972**, anexos A y F. Protocolos de ensayo para líquidos inflamables, galerías de cableado, freidoras en cocinas comerciales, recintos de oficina con RO1 y otros recintos con RO3.
- Otros protocolos basados en VdS, IMO, BS, etc.

Como se ha podido comprobar, existen numerosas normas técnicas y protocolos estandarizados para asistir en el diseño y definición de los sistemas de extinción mediante agua nebulizada. Con esta base, existen en el mercado múltiples soluciones y productos ensayados para la protección de diversas aplicaciones prácticas. Por esta razón, se aconseja al técnico responsable del diseño y/o instalación de un sistema de extinción mediante agua nebulizada no utilizar productos no testados o aprobados.

4. Aplicación

4.1. Principios de funcionamiento

La aparición de los incendios se puede explicar como la suma de tres factores que se dan al mismo tiempo y en la proporción adecuada. Dichos factores son una **energía de activación** (calor), un **combustible** y un **comburente**. Estos tres factores conjuntamente se acostumbra a denominar el triángulo del fuego. Una vez el fuego se ha declarado, y para explicar su continuidad y propagación,

se puede sumar un cuarto factor: la **reacción en cadena**. De esta forma, se crea el modelo de representación conocido como el tetraedro del fuego.



La **energía de activación** es el calor necesario para que se origine la reacción, y su cantidad dependerá del tipo de combustible involucrado.

El **combustible** es la materia que se quema (u oxida) en el incendio, y da lugar a clasificaciones de tipos de fuegos.

El **comburente** es el medio que reacciona (oxida) con el combustible y que provoca la combustión, normalmente es el oxígeno existente en el aire.

La **reacción en cadena** es la capacidad que tiene un fuego para autoalimentarse, que consiste en la generación de gases derivados de la descomposición del combustible y que arden ocasionando una llama. Este proceso se conoce como pirólisis, y se da en las materias orgánicas.

¿Cómo conseguimos la extinción de un fuego? Mediante la eliminación (o reducción hasta un nivel determinado) de alguno de estos factores, lo que se consigue mediante alguno de estos mecanismos: enfriamiento, sofocación o bloqueo.

Enfriamiento. El agua nebulizada tiene una alta capacidad de enfriamiento, gracias a un proceso conocido como **atomización**, que consiste en la generación de gotas de agua de muy reducido tamaño, normalmente inferiores a 1 mm. Dependiendo de los tipos de sistemas y tecnologías utilizados, dichos tamaños pueden estar en torno a décimas, e incluso centésimas de milímetro (hasta unos 10 µm).

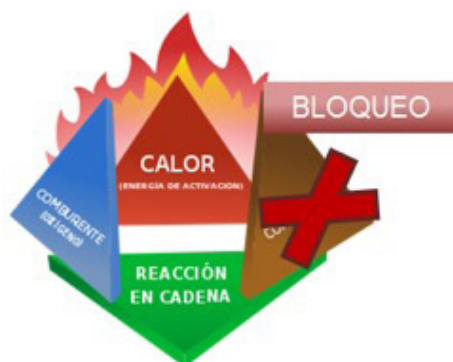


Esta reducción del tamaño de las gotas permite, para una determinada cantidad (o masa) de agua, incrementar la superficie de contacto con el medio exterior. A mayor superficie, mayor capacidad de absorción de calor, de manera que el agua absorbe la energía del incendio de forma más eficiente y rápida. Si la retirada de calor del incendio es suficiente, se puede alcanzar un valor que detenga la reacción necesaria para la combustión, y la posterior extinción del incendio. Se ha estudiado que retirar entre un 30% y un 60% del calor desprendido por el fuego a su velocidad de combustión puede ser suficiente para detener dicho proceso.

Sofocación. La absorción de energía descrita en el punto anterior da lugar a otro principio básico llamado **vaporización**, la generación de vapor de agua. Está comprobado que se requiere una energía de 335 kJ para calentar 1 litro de agua desde los 20 oC hasta los 100 oC, pero son necesarios 2.257 kJ para convertir el agua en vapor. Es decir, del total de energía consumida en este proceso, el 87% se emplea solo en la generación de vapor, de manera que se convierte en muy beneficioso en la extinción de un incendio. Una molécula de agua se expande al convertirse en vapor y ocupa un espacio unas 1.600 veces superior al de su estado original, lo que desplaza una gran cantidad de aire del frente del fuego. De esta manera, se genera una barrera al aporte de oxígeno adicional a este. Si la cantidad de oxígeno aportado para la combustión se reduce por debajo de un nivel crítico, el fuego se extinguirá por sofocación o facilitará la extinción por cualquiera de los otros mecanismos. De esta forma, se puede concluir que la vaporización de agua es un eficaz mecanismo para combatir el fuego.



Bloqueo del calor irradiado por el incendio. Si bien no es un mecanismo de extinción por sí mismo, es importante para evitar que el fuego se propague a otras superficies colindantes que aún no han entrado en ignición; es, por tanto, un bloqueo a la incorporación de combustible adicional al incendio. Asimismo, esta barrera contra el calor irradiado protege bienes de su deterioro e incrementa la seguridad de las personas. Esta propiedad "aislante" es especialmente eficaz en los sistemas de agua nebulizada en comparación con otros sistemas de extinción por agua, ya que genera gran cantidad de microgotas de agua en suspensión en un espacio tridimensional en torno al incendio. Existen estudios teóricos que demuestran que una alta densidad de gotas con diámetros por debajo de los 50 µm, incrementa el grado de atenuación del calor irradiado.



Se podría añadir a los anteriores otro mecanismo secundario que contribuye a la extinción de un incendio: la **dilución**, que consiste en la reducción de la concentración de vapor inflamable-oxígeno, especialmente sobre la superficie de líquidos inflamables. Este mecanismo, que provoca la aplicación de vapor de agua, actúa sobre la reacción en cadena, de manera que puede reducir su contribución al incendio en fuegos de spray y en la inhibición de deflagraciones.

¿En qué medida actúa cada uno de estos mecanismos en la extinción de un fuego? Depende principalmente del tipo de fuego o combustible involucrado.

Veamos un par de ejemplos.

Supongamos un incendio que se origina en una oficina, que tiene unas características de evolución lenta y que encuentra típicamente combustible de materia sólida orgánica (madera, papeles, plásticos, etc.). En este caso, el mecanismo principal de extinción es el enfriamiento, absorbiendo el calor que genera el mismo incendio, así como una contribución del bloqueo al calor irradiado, para reducir la incorporación de combustible adicional (propagación). Los sistemas diseñados para combatir estos fuegos no pretenden la extinción (aunque pueden llegar a conseguirla), sino el control del incendio.

En un segundo caso, supongamos un incendio en una sala de un generador eléctrico diésel ocasionado por el derrame de combustible. La ignición la provocaría el contacto del líquido inflamable (diésel) con una superficie caliente, por ejemplo un motor, o una chispa. Este es un incendio de evolución muy rápida que se propaga por toda la superficie del líquido inflamable, y que podría alcanzar un gran tamaño (varios megavatios) dependiendo de la cantidad de líquido involucrado. En este caso, el principal mecanismo del agua nebulizada sería la sofocación, ya que la elevada temperatura del fuego genera de forma rápida grandes cantidades de vapor de agua, que bloquearían el aporte de oxígeno a la superficie del incendio y sofocarían las llamas. En este tipo de fuegos, los sistemas de agua nebulizada se diseñan para la extinción del incendio. De hecho, se puede dar la circunstancia de que a mayor tamaño del incendio, más rápida es su extinción, pues la generación de vapor en el momento de aplicación inicial es más violenta.

4.2. Tipos de protecciones

4.2.1. Clases de fuegos

En el ámbito europeo, encontramos definidos los tipos de fuego en la norma UNE-EN 2-1994/A1 de 2005, que establece las siguientes clases de fuego normalizadas:

- Clase A: sólidos. Incendios que implican materiales sólidos inflamables que dejan brasas, generalmente de origen orgánico, como madera, tejidos, goma, papel y algunos tipos de plásticos.
- Clase B: líquidos. Incendios que implican líquidos inflamables o sólidos licuables, como petróleo, gasolina, alcoholes, pinturas, etc.
- Clase C: gases. Incendios que implican gases inflamables como gas natural, propano, butano, hidrógeno, etc.
- Clase D: metales. Incendios que implican metales combustibles como sodio, magnesio, potasio y otros presentados en polvo fino (por ejemplo, aluminio).
- Clase F: aceites y grasas de cocina. Incendios que implican ingredientes para cocinar (aceites y grasas vegetales o animales) en los aparatos de cocina.

4.2.2. Alcance de la protección

Los sistemas de extinción mediante agua nebulizada tendrán diferente alcance u objetivo según las aplicaciones o riesgos para los que son diseñados. Dichos objetivos pueden ser:

- **Extinción del incendio.** Completa desaparición de cualquier estado de combustión, sea esta en estado de llama o latencia, y que quede sin posibilidad de reignición. Generalmente orientada a la aplicación sobre fuegos de líquidos inflamables (clases B y F).
- **Supresión del incendio.** Eliminación drástica del calor irradiado por el incendio y prevención de su recrecimiento, al menos durante el tiempo de duración de la descarga de agua nebulizada.
- **Control del incendio.** Limitación del crecimiento y propagación del incendio mediante el enfriamiento de las zonas propias y adyacentes al fuego, así como controlando las temperaturas de los gases generados. Son un ejemplo de estas aplicaciones los fuegos que generan brasa (clase A) y su funcionamiento es complementario al de los sistemas de protección mediante rociadores automáticos, muy utilizados en numerosas aplicaciones industriales y no industriales.

Con estas dos últimas aplicaciones, supresión y control, se pretende limitar los efectos del fuego sobre los bienes y las estructuras portantes de los edificios hasta la llegada y extinción mediante medios manuales por parte de los equipos de actuación (bomberos).

4.2.3. Aplicaciones

Según establece la norma CEN/TS 14972, el uso de los sistemas de agua nebulizada debe limitarse a las aplicaciones para las que han sido ensayadas y utilizando como límites de aplicación los parámetros utilizados durante dichos ensayos, como son geometría del recinto, condiciones de ventilación, carga de fuego, etc. Esta norma define en sus anexos algunos tipos de ensayos para determinadas aplicaciones.

Como se ha descrito en apartados anteriores de este documento, se dispone de numerosos protocolos de ensayo para justificar el uso de los sistemas de agua nebulizada para distintas clases de fuego y objetivos.

Dicho esto, se muestra a continuación un resumen (no excluyente) de las aplicaciones principales en las que hoy en día encontramos frecuentemente el uso de los sistemas de agua nebulizada:

- Edificios y locales de pública concurrencia: oficinas, hospitales, residencias, hoteles, teatros, bibliotecas, prisiones, pabellones deportivos, estaciones de metro, aparcamientos (subterráneos o cubiertos), etc.
- Centros de procesamiento de datos donde se encuentren equipos informáticos y de telecomunicaciones.
- Recintos con bienes de especial fragilidad: museos, hemerotecas, archivos históricos, filatelas, etc.
- Recintos o aplicaciones especiales: galerías de cableado, túneles, escaleras mecánicas, etc.
- Espacios o salas de maquinaria, con o sin presencia de líquidos inflamables, en instalaciones marinas, civiles y militares, donde se pueden encontrar transformadores, motores, turbinas, cabinas de pintura, cuadros eléctricos...
 - Nota: los distintos riesgos mencionados no pueden ser tratados de la misma forma, pues pueden tener particularidades distintas que deben ser previstas (y ensayadas) para asegurar la efectividad del diseño, como por ejemplo: tipo de líquido inflamable, cantidad y disposición en que este se encuentra, condiciones de ventilación de la sala o recinto protegido, estanqueidad del recinto, etc.

4.2.4. Exclusiones

Principalmente se aplicará a aquellas circunstancias en que el medio extintor, el agua, puede reaccionar de forma adversa con algunos materiales o sustancias, por ejemplo:

- Metales reactivos, como litio, sodio, potasio, magnesio, titanio...
- Metales alcóxidos, como el metóxido de sodio.
- Metales amidas, como el amida de sodio.
- Carburos, como el carburo de calcio.
- Haluros, como el cloruro de benzoilo.
- Hidruros, como el hidruro de litio-aluminio.
- Oxihaluros, como el oxobromuro de fósforo.
- Silanos, como el silano tricolometilo.
- Sulfuros, como el pentasulfuro de fósforo.
- Cianatos, como el isocianato de metilo.

Tampoco pueden utilizarse para aplicación directa sobre gases licuados a temperaturas criogénicas (como el gas natural licuado), pues hierven violentamente al ser calentados por contacto con agua.

4.2.5. Ventajas de los sistemas de agua nebulizada

Algunas de las principales ventajas demostradas del uso de los sistemas de agua nebulizada con respecto a otros sistemas de extinción son:

- Limitación de los daños ocasionados en los bienes no dañados por el fuego debido a los efectos de la misma descarga de agua.
- No generación de radicales libres tóxicos, consecuencia de la entrada en contacto con los materiales protegidos.
- Seguridad para las personas. El desplazamiento de oxígeno como efecto de la vaporización no reduce los niveles de permanencia por debajo del 15%. Esta circunstancia tiene una ventaja adicional: poder efectuar la descarga de agua nebulizada sin aplicar un tiempo de retardo que permita a los ocupantes desalojar un determinado riesgo, con la consecuente reducción de daños ocasionados por el fuego debido a una activación más temprana.
- Ausencia de efectos adversos para el medioambiente, porque no hay descarga de sustancias que afecten a la capa de ozono ni que contribuyan al efecto invernadero.
- Eficacia (parcial) en la limpieza de los humos generados por la combustión.
- Facilidad de limpieza y restablecimiento de la actividad tras su descarga.
- Menor cantidad de agua necesaria para la protección, lo que supone una inferior necesidad de almacenamiento, comparada con sistemas de características homólogas, como los de rociadores automáticos.
- Fácil y económica reposición de los medios de extinción, pues únicamente se requiere reponer agua. Algunos fabricantes pueden recomendar el uso de agua desmineralizada para cierto tipo de sistemas en que la presencia de impurezas podría ser causa de riesgo de obturación de los orificios de descarga en los difusores. Normalmente se limitan estos riesgos con unas operaciones de mantenimiento adecuadas del sistema y/o con sistemas de tratamiento del agua almacenada (sistemas de cloración, por ejemplo).

4.3. Componentes

Se describen a continuación los distintos componentes que forman (o pueden formar) un sistema de extinción por agua nebulizada. Los requerimientos normativos que se indiquen serán siempre referenciados a la norma CEN/TS 14972:

Difusor, también denominado atomizador o boquilla. Es el elemento a través del que se nebuliza y descarga el agua al medio. Debe estar fabricado en material no corrosivo y no ser propenso al daño por impacto mecánico. También tiene que tener una marca permanente que indique fabricante, modelo, año de fabricación y estándar de aprobación. Deberá ser testado de acuerdo con lo que indica el anexo D de la norma CEN/TS14972. Funcionalmente, pueden ser de dos tipos:

- Difusores abiertos: están provistos de una (o varias) oberturas no obstruidas hacia el medio.
- Difusores automáticos: equipados con un elemento sensible al calor que reacciona a una determinada temperatura y ejecuta la activación del difusor, y la consiguiente descarga de agua. Dicha temperatura de activación está estandarizada mediante la norma EN 12259-1 y se identifica mediante el color del elemento sensor.



Si se prevé que el ambiente en el que se instala el difusor pudiera ocasionar la obturación accidental de las oberturas, deberá equiparse con medidas adecuadas para su prevención. Para prevenir la obturación “interna”, fruto de impurezas o partículas contenidas en el agua de descarga, los difusores acostumbran a llevar incorporado un filtro en la entrada de agua.

Red de distribución de tubería. Son las conducciones de agua que permiten la conexión entre el sistema de abastecimiento y los difusores. Comprende las tuberías en sí y los accesorios para su conexionado y suportación. Según normativa, debe ser de acero inoxidable o de algún material alternativo que ofrezca las mismas características de anticorrosión y obstrucción, cuya idoneidad se debe probar. La tubería utilizada debe ser capaz de resistir al menos 4 veces la presión de diseño del sistema. El conjunto de tubería y accesorios instalados debe superar una prueba hidrostática al 150% de la presión de diseño. Donde sea técnicamente posible, las uniones de tubería deben cumplir con la ISO 6182-12, y la suportación con la ISO 6182-11.

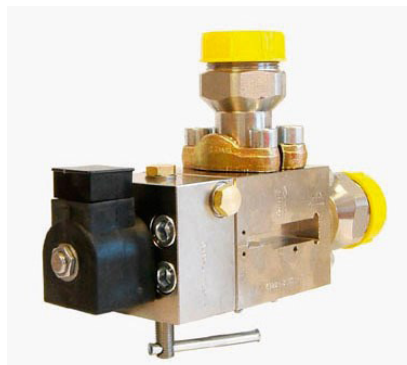
Sistema de abastecimiento de agua. Es el conjunto formado por las fuentes de agua y sistemas de impulsión que proporcionan el caudal y presión necesarios durante el tiempo de autonomía requerido. Puede ser exclusivo de un sistema o común para varios, y funcionalmente pueden adquirir diferentes tipologías:

- Recipiente presurizado. Sistema en que el agua se encuentra almacenada a presión en un recipiente (depósito).
- Recipiente con impulsión por gas externo. Se trata del sistema en que una fuente de gas presurizado externo (típicamente almacenado en cilindros) realiza la impulsión del agua contenida en el depósito.
- Bomba o grupo de bombeo. Es el sistema en el que el equipo (o equipos) realizan la aspiración del agua contenida en un depósito y la impulsión a una presión determinada.

Como requisitos generales, han de ser resistentes a la corrosión y cumplir con lo establecido en el anexo A de la norma en cuanto a su compatibilidad con los sistemas de agua nebulizada. Asimismo, sus componentes deben cumplir con los criterios de seguridad de acuerdo a la norma EN 12259. Según CEN/TS14972, los sistemas de bombeo contra incendios deben ser instalados de acuerdo a la norma EN 12845.

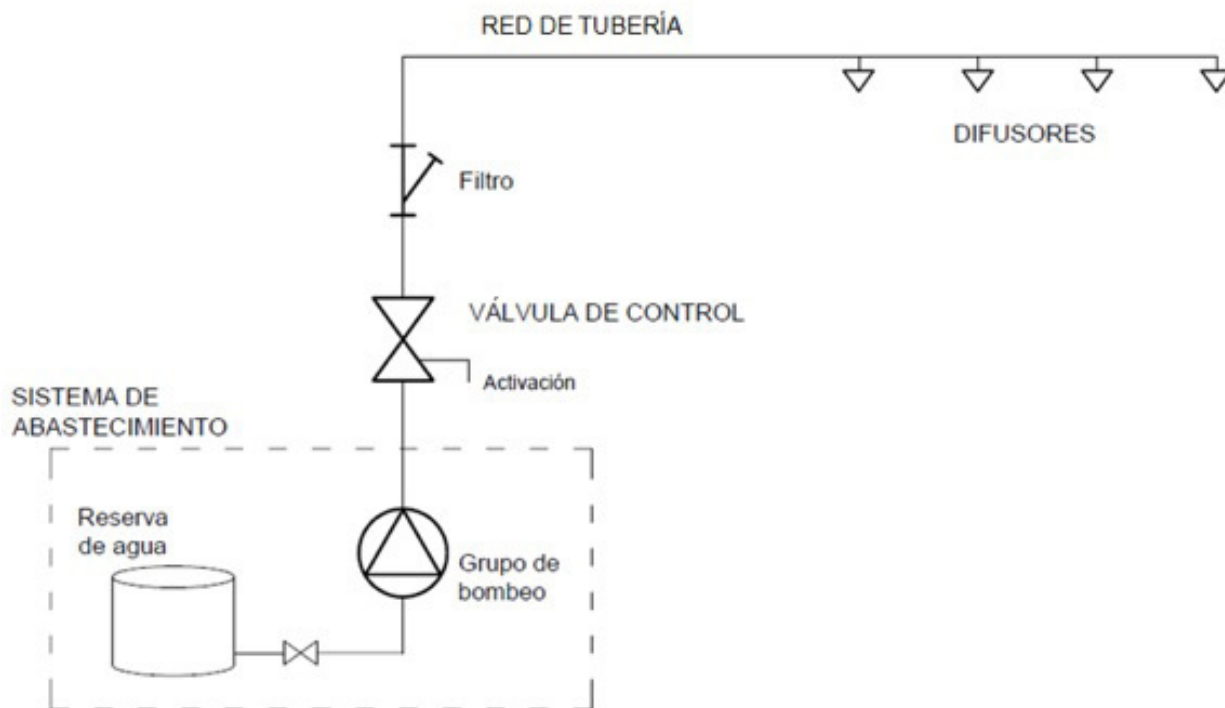


Válvula de control. Se trata del equipo que permite controlar el suministro de agua a la red de tubería y difusores que se encuentren aguas debajo de la misma. Puede disponer de diversos sistemas de activación: mecánicos, hidráulicos y eléctricos, que deben corresponder con el criterio de funcionamiento de la válvula. De acuerdo con la norma, debe llevar una marca que indique claramente su posición de instalación, y sus características tienen que estar listadas en la norma EN 12259. Si un conjunto de varias de estas válvulas están asociadas a un único abastecimiento con la intención de proporcionar el agua de forma selectiva a un sistema, se acostumbra a denominar válvulas direccionales.



Existen otros componentes secundarios dentro de los sistemas de agua nebulizada cuyo uso es necesario para su correcta operación, por ejemplo:

- Válvulas de corte: permiten seccionar un tramo de tubería al paso del agua. Deben incluir algún elemento indicador de su estado (abierta/cerrada)
- Válvulas reguladoras de presión: proporcionan a su salida un suministro de agua a una presión estable, dentro de unas condiciones definidas de presión y caudal de entrada.
- Válvulas antirretorno: permiten el paso del agua en un único sentido.
- Filtros: evitan la entrada al sistema de partículas que puedan obturar la descarga de agua.
- Detector de flujo: elemento sensor que se instala en un tramo de tubería donde se quiere monitorizar (mediante un contacto eléctrico) que existe un flujo de agua.



ESQUEMA BÁSICO DE SISTEMA DE AGUA NEBULIZADA

4.4. Tipos de sistemas de agua nebulizada

Uno de los criterios de clasificación más habituales y reconocidos en el sector para los sistemas de extinción por agua nebulizada es según el nivel de presión al que trabaja.

La norma NFPA 750 clasifica los sistemas de agua nebulizada de la siguiente manera:

- Sistemas de baja presión: aquellos en que la distribución de tubería está sometida a presiones de hasta 12.1 bar (175 psi).
- Sistemas de media presión: aquellos en que la distribución de tubería está sometida a presiones mayores de 12.1 bar (175 psi) e inferiores a 34.5 bar (500 psi).
- Sistemas de alta presión: aquellos en que la distribución de tubería está sometida a presiones superiores a 34.5 bar (175 psi).

Si bien su origen se basa en una norma americana, su uso está totalmente extendido y aceptado en nuestro mercado, que ha adquirido y simplificado entre sistemas de baja y alta presión para dividir los sistemas de agua nebulizada.

Existe la creencia equivocada de que los sistemas de alta presión ofrecen un rendimiento superior a los de baja presión, que tienen la capacidad de apagar los incendios mejor y más rápidamente. La efectividad no está ligada a la presión de trabajo, sino a la utilización de sistemas homologados (o ensayados) siguiendo los criterios de las normas correspondientes y a su instalación, y correcta puesta en marcha y mantenimiento.

4.4.1. Sistemas de baja presión

Son aquellos en que la presión de trabajo a lo largo de la instalación no superan los 20 bar (típicamente por debajo de los 16 bar). Estos niveles de presión, similares a los que se dan en los sistemas de rociadores (*sprinklers*), hacen que los componentes de estos sistemas sean constructivamente muy similares entre sí, tanto en el caso de los difusores como de los sistemas de bombeo.

Los difusores de baja presión constan generalmente de un único orificio de salida del agua, y pueden ser abiertos o automáticos. El principio de funcionamiento es muy similar al de los rociadores: el agua es proyectada sobre un difusor que la descompone en pequeñas gotas, como se ha explicado en anteriores capítulos de este documento, en su mayoría de tamaño inferior a 1 mm, siempre que se cumpla la presión mínima de funcionamiento.

En cuanto al sistema de abastecimiento, este consta de un depósito para el almacenamiento del agua y un grupo de bombeo para la impulsión del agua al medio. Las bombas habitualmente son de tipo centrífugo. Para más detalles, se aconseja consultar el apartado sobre sistemas de abastecimiento de agua en la sección "Criterios generales de diseño".

Los sistemas de agua nebulizada a baja presión comparten con los sistemas de rociadores no solo similitudes constructivas, sino también aplicaciones prácticas de protección. Son una alternativa eficaz, en especial para la protección de riesgos clasificados como ligeros (RL) y ordinarios (RO), en los que cuentan con la ventaja de requerir un caudal de agua algo inferior, lo que supone un ahorro en el espacio (volumen) necesario para el agua almacenada, además de las ya comentadas mejoras contra la transmisión del calor irradiado que puede contener con más eficacia el avance del fuego.

Los sistemas de agua nebulizada a baja presión tienen un coste económico inferior a los de alta presión, pues los inferiores niveles de presión de trabajo requieren componentes (difusores, tuberías, bombas, etc.) cuya fabricación y materiales empleados es más económica.

4.4.2. Sistemas de alta presión

Por lo general, son aquellos en los que la presión a lo largo de la instalación supera los 40 bar; de hecho, son habituales presiones de trabajo en régimen continuo de entre 70 y 100 bar aplicados a los componentes del sistema. Por esta razón, los materiales y resistencias constructivas de los mismos son muy superiores, comparados con los sistemas de baja presión, lo que hace que el hardware de estos sistemas tenga un mayor coste económico.

Los difusores de alta presión están formados por varios orificios con salida directa en los que la nebulización del agua se produce en el cabezal del difusor por la precisa combinación de una elevada presión y un pequeño tamaño de los orificios. El tamaño de las gotas generadas por estos difusores es menor que el de los sistemas de baja presión, con tamaños hasta 10 veces inferiores que se encuentran habitualmente entre 50-100 μm . Esta característica otorga a los sistemas de alta presión algunas ventajas de funcionamiento, pues optimiza la capacidad de bloqueo a la radiación de calor, facilita la vaporización del agua y supone una incrementada capacidad para la absorción del humo provocado por el incendio.

El reducido tamaño de los orificios de descarga hace especialmente importante que el agua no contenga impurezas que los puedan obturar. Para ello, se utilizarán tuberías que no generen residuos al contacto con el agua (típicamente acero inoxidable), elementos de filtrado adecuados e incluso la utilización de agua desmineralizada en almacenamiento (recomendada por algunos fabricantes) o tratamientos especiales de esta (por ejemplo, sistemas de cloración).

Los sistemas de alta presión también pueden igualmente ser utilizados como sustitutos de los sistemas de rociadores para aplicaciones de riesgo ligero y ordinario donde encuentran una ventaja: requieren un diámetro inferior de la tubería, ya que para una misma densidad de aplicación de agua la elevada presión requiere caudales inferiores.

En cuanto a los sistemas de abastecimiento, pueden encontrarse dos tipos de sistemas de impulsión: grupo de bombeo o batería de cilindros a presión.

En los sistemas con grupo de bombeo para la impulsión del agua, las bombas son de tipología de desplazamiento positivo en que la presurización se lleva a cabo mediante el trabajo efectuado por un grupo de pistones. Los sistemas con grupo de bombeo se utilizan tanto para sistemas de tubería húmeda como seca (o preacción). Es característica de estos sistemas la presión constante que se aplica a la instalación, que establece un régimen transitorio de funcionamiento durante todo el tiempo de descarga.

Una de las principales ventajas de este sistema es la facilidad de reposición del abastecimiento tras realizar una descarga, que puede considerarse inmediata, ya que es tan simple como el rellenado almacenamiento (depósito) de agua. Otra ventaja es la autonomía, que será tan grande como permita la cantidad de agua almacenada.



En los sistemas de presurización mediante cilindros a presión, se cuenta para la impulsión o presurización del agua con una batería de cilindros que pueden contener aire o cualquier otro gas a presión (argón, nitrógeno, etc.). Es habitual el uso del nitrógeno porque tiene un uso muy extendido, lo que resulta en una fácil reposición. La presión de almacenamiento habitual de estos cilindros es de 200 bar, pues se trata de un estándar en el mercado. También es habitual encontrar estos sistemas configurados como una batería de cilindros en que el agua almacenada se encuentra igualmente en cilindros.

Es una característica frecuente de estos sistemas que la presión entregada a la instalación no sea constante, sino decreciente según se va produciendo la descarga del aire o nitrógeno a presión, contenido en los cilindros. En estos casos se debe asegurar que la presión mínima que requieren los difusores se mantiene durante todo el tiempo de descarga. También se pueden proveer al sistema de válvulas o sistemas de regulación de la presión, de forma que esta sea constante durante la descarga de agua.



La ventaja de estos sistemas es que pueden funcionar de forma autónoma, ya que la presión necesaria para la descarga y nebulización del agua se encuentra contenida en cilindros, de manera que no se requiere un suministro externo de energía (como sí que ocurre en los grupos de bombeo). Eso los hace muy útiles allí donde el suministro de energía que requiere un grupo de bombeo no esté disponible o su disponibilidad suponga un elevado coste de instalación. Incluso se encuentran en el mercado sistemas de preingeniería basados en esta tipología, que no requieren de cálculos hidráulicos para su diseño, sino cumplir unas determinadas condiciones de volumen protegido y dimensiones estandarizadas de tubería.

El inconveniente principal que encuentran estos sistemas es la autonomía. Acostumbran a tener autonomías reducidas que, para verse incrementadas, requieren de un gran espacio para el almacenamiento de cilindros presurizados. Por esta razón, acostumbran a utilizarse en aplicaciones que necesitan autonomías reducidas, como sistemas de extinción de líquidos inflamables de volúmenes reducidos (por debajo de 260 m³, según protocolo FM5560). Otra desventaja de su uso es el restablecimiento de su operatividad que requiere del rellenado de los cilindros a presión, que habitualmente requiere su transporte y realización en un centro especializado, o bien disponer de una reserva de cilindros a presión en la instalación.



Existe una precaución adicional en su utilización que, bajo determinadas circunstancias, puede suponer un riesgo para las personas. La descarga de un gas inerte para su presurización provocará en el volumen cerrado protegido el desplazamiento y la dilución de oxígeno, que reducirá su porcentaje de permanencia y alcanzará valores por debajo del 15% en riesgos con un volumen reducido (típicamente por debajo de 80 m³). Este hecho debe tenerse en cuenta y considerarse la posibilidad real o no de personas en el riesgo protegido en el momento de la descarga de agua.

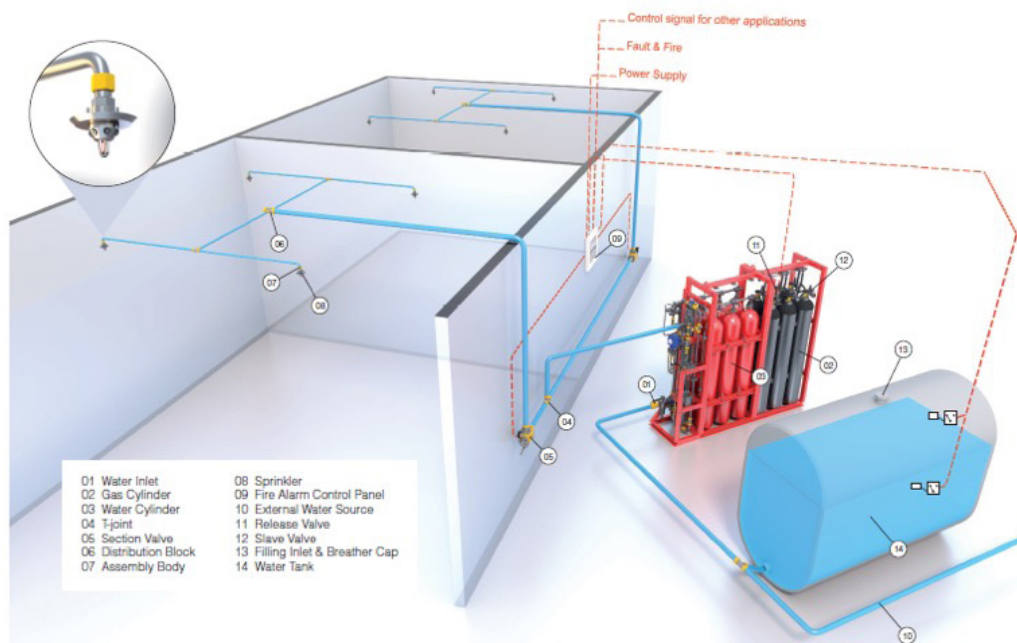
4.4.3. Otros tipos de sistemas: sistemas híbridos

Un sistema híbrido de extinción por agua nebulizada es un sistema de doble fluido (del inglés, *twin fluid system*) en el cual el gas es un componente crítico para la extinción del incendio, no únicamente un medio para atomizar el agua descargada. El gas en un sistema híbrido se utiliza de forma estudiada para la dilución o desplazamiento del oxígeno, y es un factor activo en la extinción del incendio.

En cuanto a los componentes, tendremos un sistema de abastecimiento que deberá proveer la estructura de agua y nitrógeno presurizados, una instalación de tubería y un difusor (o atomizador). Típicamente, encontraremos el agua almacenada en uno o varios depósitos, y el nitrógeno en cilindros a presión, que se utilizará para la impulsión del agua al sistema, una vez se produzca la ignición. Ambas presiones, de agua y nitrógeno, son controladas por elementos reguladores para proporcionar al difusor los niveles adecuados para una correcta atomización del agua. El agua y el nitrógeno son conducidos por separado por estructuras de tubería independientes desde el sistema de abastecimiento hasta el difusor. El difusor es un elemento con unas características constructivas muy especiales en que agua y nitrógeno entran por separado y son mezclados de forma precisa para generar a su salida una descarga de agua nebulizada con gotas de muy reducido tamaño que alcanzan hasta los 10 µm.

La principal aplicación de estos sistemas se encuentra en la extinción de incendios producidos por líquidos inflamables en salas de maquinaria.

Encontramos la principal guía de diseño de estos sistemas en el Approval Standard for Hybrid (Water and Gas) Fire Extinguishing Systems (Class 5580), apéndices B a H, editado por Factory Mutual (FM). En dicho estándar, se especifican las características constructivas que deben tener el sistema y sus componentes para poder ser ensayados para su certificación, así como a qué diferentes pruebas se deben someter para obtener dicho certificado de superación de los test.



4.5 Procedimiento de diseño

En esta sección se va a describir qué información se requiere como mínimo para diseñar nuestro sistema y qué procedimiento se ha de seguir para llegar a un diseño adecuado, una vez ya se ha realizado su preceptivo análisis de idoneidad para la protección concreta que se pretende efectuar.

4.5.1. Clasificación del riesgo

A la hora de acometer el diseño de una protección mediante un sistema de agua nebulizada, lo primero es identificar y clasificar qué tipo de fuego es el que se va a proteger. Se puede dar la circunstancia que la tipología del fuego no sea única, es decir, que se encuentren en distintos materiales como focos de riesgo en el recinto a proteger, en cuyo caso deberemos tratar de identificar aquel que entraña mayor probabilidad de causar un incendio o que puede generar un incendio de mayores consecuencias. Dicha clasificación dependerá del tipo de fuego presente (véase la clasificación en apartados anteriores), y nos servirá para elegir el ensayo o protocolo de aceptación en que nuestro sistema debería estar basado, y de ahí a elegir el sistema o difusor propiamente que utilizaremos como base.

4.5.2. Parámetros de diseño

Para diseñar un sistema de extinción por agua nebulizada, se debe contar con una serie de parámetros obtenidos mediante los correspondientes ensayos de certificación específicos para el riesgo a proteger.

- **Tipo de difusor**, automático o abierto, así como toda aquella información adicional relevante para el diseño: factor K, tamaño del orificio de salida, etc.
- **Espaciado mínimo y máximo entre difusores**, que ayudará a determinar cuántos difusores son necesarios para la protección.
- **Número de difusores operativos**, es decir, número mínimo de difusores que descargarán agua (según los test) para el correcto funcionamiento del sistema. En el caso de los difusores abiertos, serán todos los que forman parte del sistema; en el caso de difusores automáticos, los que determine el ensayo de certificación. Puede venir dado como cantidad de difusores o como una superficie de protección (en m²) dentro de la cual todos los difusores incluidos serán activados, también llamada “área de diseño” (en el caso de difusores automáticos).
- **Presión mínima de diseño**, aquella que se debe asegurar en cada difusor del sistema para su funcionamiento óptimo.
- **Caudal mínimo**, cantidad de agua por unidad de tiempo que el difusor debe descargar para el óptimo funcionamiento del sistema. En ocasiones, se facilita el “factor K” del difusor, que permite calcular fácilmente el caudal mínimo mediante la fórmula $Q = K \cdot \text{raíz}(P)$, siendo Q el caudal y P la presión.
- **Altura del techo/volumen máximo**, dato obtenido del test que será vital para definir los límites de diseño de nuestro sistema, fuera de los cuales no se puede asegurar el correcto funcionamiento del diseño.

Estos parámetros, así como aquella otra información que sea relevante para el diseño del sistema, son obtenidos en los test de certificación y deben ser facilitados por el fabricante mediante un manual de diseño, instalación y/o funcionamiento.

4.5.3. Tiempo de la descarga

Otro importante dato para dimensionar nuestro sistema de protección será el tiempo que este deberá estar descargando agua para asegurar su efectividad. Según el propósito de la protección y de acuerdo a la norma CEN/TS14972, son los siguientes:

- Sistemas de extinción: el doble del tiempo de extinción conseguido en el ensayo de fuego, y **nunca inferior a 10 min**, salvo indicación expresa del protocolo de ensayo.
- Sistemas de supresión/control: capacidad para una **duración mínima de 30/60 minutos** dependiendo del tipo de riesgo, según la norma EN 12845 (respectivamente riesgo ligero y riesgo ordinario).

Durante el tiempo de descarga, el sistema de abastecimiento debe asegurar las condiciones de presión y caudal mínimas en cada difusor, según la información facilitada por el fabricante. Asimismo, junto con el caudal mínimo, el tiempo de descarga ayudará a determinar la reserva de agua necesaria, que vendrá definida por el producto entre ambas variables.

4.5.4. Dimensionado y cálculo de la red de tubería

Una vez definido el tipo de riesgo que se va a proteger, el tipo y número de difusores necesarios, y durante cuánto tiempo deberá producirse la descarga de agua, se debe definir y dimensionar la red de tuberías que va a alimentar al sistema.

En primer lugar, se debe diseñar una red de tuberías que permita el suministro de agua a todos los difusores desde el sistema de abastecimiento de agua. La morfología de dicha red será la que determine el técnico responsable de acuerdo con sus conocimientos y experiencia. En ese cometido, podrá ayudarse de algún software de los muchos que existen en el mercado para asistirle en la tarea.

Si bien existen algunas aplicaciones y morfologías concretas que permiten ser dimensionadas de acuerdo con criterios de preingeniería (diámetros de tubería predefinidos para alimentar un número determinado de difusores), habitualmente dicho dimensionado se efectuará mediante un procedimiento de cálculo. Según la normativa vigente, se reconocen básicamente dos métodos de cálculo, el de Hazen-Williams, de aplicación en los sistemas de baja presión, y el de Darcy-Weisback, para sistemas de intermedia y alta presión. Salvo en el caso de redes de distribución de tubería muy sencillas, se recomienda el uso de programas o software para asistir a la realización de dichos cálculos.

Hoy en día, el uso de software de cálculo hidráulico es casi imprescindible, ya que facilita enormemente la labor de cálculo, tanto más cuanto mayor es el tamaño de la red. Además, proporcionan útiles herramientas para asistir al diseño del trazado y la obtención de reporte que certifiquen el resultado obtenido. Varios de estos softwares son evaluados por las mismas entidades de certificación que validan el resto de los sistemas y componentes, otorgándoles una certificación que da reconocimiento a los resultados obtenidos con su uso. Son varios los softwares que se pueden encontrar en el mercado, algunos de ellos incluso son facilitados por los mismos fabricantes de los sistemas de extinción.

4.5.5. Configuración de sistemas

Otro de los aspectos que condicionan la futura instalación del sistema diseñado es su tipología, que se deberá definir en la fase de diseño. Dicha tipología viene definida por cómo se realiza la activación y descarga del agua al medio, y tiene la siguiente clasificación:

- Sistemas de tubería mojada.
- Sistemas de tubería seca.
- Sistemas de preacción.
- Sistemas de diluvio.

Los **sistemas de tubería mojada**, o húmeda, (en inglés, *wet systems*) reciben esta denominación, ya que el agua se encuentra distribuida (y presurizada) por el sistema de tubería previamente a la activación del sistema. Estos sistemas cuentan con difusores automáticos, que impiden la descarga de agua hasta que se produce la activación (rotura) del elemento termosensible, liberando el orificio de salida y permitiendo la descarga inmediata de agua; por lo tanto, es el mismo difusor el que incorpora la función detectora. Por lo general, en estos sistemas la descarga de agua se realiza únicamente a través de aquellos difusores que el crecimiento del fuego vaya activando. Estos sistemas son típicos de las protecciones diseñadas para el control de incendios.

Los **sistemas de tubería seca** (en inglés, *dry systems*) reciben esta denominación, ya que el sistema de tubería no contiene agua hasta que se produce su activación. Estos sistemas cuentan con difusores automáticos, y habitualmente una red de tubería presurizada con aire para desencadenar un mecanismo neumático de activación. La activación (rotura) de un difusor inicia la despresurización de la tubería –monitorizada en la válvula de control–, que se abre con dicha pérdida de presión y da paso al agua; esta se descarga a través del difusor o difusores activados. Este sistema encuentra una aplicación típica en ambientes de baja temperatura en los que el agua contenida en las tuberías puede congelarse total o parcialmente, de manera que se impida la descarga en caso de incendio.

Los **sistemas de preacción** combinan características de los dos sistemas anteriores. Se trata de un sistema de difusores automáticos en los que el agua no se encuentra presente en la tubería de distribución hasta que el sistema de detección automática confirma la presencia de un incendio. El sistema de detección provoca la activación de la válvula de control, que abre paso al agua, y esta se distribuye por el sistema de tubería, que queda preparada para la descarga cuando se produce la activación de un difusor automático. Su aplicación más habitual se encuentra en la protección de aquellos recintos en que el medio protegido es de una sensibilidad (o valor) tal que se quieren evitar los daños que una descarga accidental por falsa alarma (o una fuga accidental de agua) pudieran ocasionar. Esto se acostumbra a conseguir combinando dos mecanismos de detección: típicamente con un sistema de detección de humo, de detección más rápida, que activaría la válvula de control para el llenado de la tubería, y la detección térmica del difusor automático, de evolución más lenta, que permitiría la descarga de agua.

Los **sistemas de diluvio** (en inglés, *deluge systems*) reciben esta denominación ya que el sistema cuenta con difusores abiertos, de forma que la descarga de agua se efectúa a través de todos los difusores que se encuentran aguas abajo de la válvula de control. La activación de este sistema debe tener un mecanismo eléctrico, mecánico o neumático desencadenado por un sistema de detección independiente. Estos sistemas son típicos de las protecciones diseñadas para la extinción (o supresión) de incendios.

4.5.6. Sistemas de detección, activación y control

Son parte fundamental de los sistemas de extinción mediante agua nebulizada y deben cumplir con los requisitos que establece la normativa.

Según la norma CEN/TS14972, los sistemas de detección y activación pueden ser mecánicos, hidráulicos, neumáticos o eléctricos. Si les son de aplicación, deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- El sistema de detección debe estar instalado en todas las zonas protegidas por sistemas de agua nebulizada y cumplir las indicaciones del fabricante.
- La temperatura de detección debe ser al menos 30 °C superior a la temperatura ambiental más alta esperada en el recinto protegido en condiciones normales.
- Las líneas de detección deben ser monitorizadas.
- Si el sistema de detección se utiliza para la activación del sistema, se debe diseñar tal y como indica el manual del fabricante y cumpliendo el criterio utilizado en los test de ensayo.
- La normativa también establece otras características de tipo funcional que deben cumplir dichos sistemas; a continuación, se recogen las principales:
- El sistema debe estar diseñado de forma que evite la activación accidental debido a una alarma provocada por fuego en zonas adyacentes.
- Los sistemas activados mediante detección automática deben contar con un elemento de activación manual, habitualmente un pulsador debidamente identificado. Dicho elemento se debe instalar en el exterior del recinto protegido, cerca de su salida, y a una altura y ubicación que permitan su fácil identificación y operación.
- Los sistemas con difusores automáticos no requieren de un sistema de activación manual.
- Una vez el sistema ha sido activado, una avería en el panel de control no debe interrumpir la descarga.
- Un sistema de agua nebulizada debe activarse automáticamente, salvo que la autoridad competente permita la activación manual.
- Deben ser instalados, probados y mantenidos de acuerdo con la reglamentación vigente de cada país.

Los sistemas de detección y activación eléctrica deben cumplir con las normas EN 54 y EN 12094 en lo relativo a su diseño, instalación y mantenimiento, así como con relación a sus componentes. Además, deben tenerse en cuenta otras consideraciones adicionales como:

- En caso de que el sistema se active tras la recepción de dos o más señales de detectores automáticos, la primera señal recibida debe ser informada de forma visual y audible. La recepción de esta señal debe activar algunas maniobras del sistema (paros de planta, cortes de alimentación, etc.).
- Para conseguir una activación rápida, el número de detectores debe duplicarse comparado con los necesarios para un diseño estándar.
- Para reducir la probabilidad de una falsa activación, se recomienda el uso de detección con confirmación en la que la activación del segundo detector desencadena la secuencia de extinción.
- Cuando el sistema se active por la acción de un primer detector, no se deben usar detectores de humo ni de llama, salvo que su efectividad haya sido probada.
- En detección térmica, el valor de activación debe ser al menos 30 °C superior al máximo que se pueda encontrar en el riesgo en condiciones habituales.
- El sistema de detección que active un sistema de agua nebulizada debe monitorizarse de forma independiente.

- El circuito de activación debe monitorizarse de forma independiente.
- Debe proveerse al sistema de detección y control de un suministro de energía exclusivo e independiente al del riesgo protegido, y cumplir con la norma EN 54-4. Asimismo, tiene que estar convenientemente identificado en el cuadro eléctrico (“no desconectar, sistema automático de detección”).
- La indicación de alarma deberá ser audible y/o visual. La activación del sistema de agua nebulizada se debe indicar.
- Las señales de alarma deben ser recibidas en un centro de control supervisado permanentemente.

4.5.7. Diseño basado en prestaciones

En capítulos y apartados anteriores, se han mostrado las distintas normativas de obligado cumplimiento, y adicionalmente normas técnicas y protocolos para las pruebas de homologación que sirvan para certificar el funcionamiento de los componentes y sistemas. Asimismo, se ha indicado que el técnico responsable del diseño o instalación deberá utilizar, siempre que sea posible, sistemas y componentes debidamente certificados por entidades acreditadas.

Dicho lo anterior, los distintos estándares (TS14972, NFPA 750, etc.) permiten la aplicación de soluciones no aprobadas o certificadas cuando la imposibilidad técnica, la incapacidad de replicar los límites de diseño del ensayo o la inexistencia de un producto certificado para dicha aplicación. En ese caso, se permite utilizar un sistema diseñado para las condiciones existentes y cuya efectividad contra el incendio haya sido comprobada antes de su puesta en funcionamiento en la instalación. En este caso, se habla de diseño basado en prestaciones o, en inglés, *Performance Based Design*.

Para la utilización de un diseño basado en prestaciones se acostumbra a aplicar los conocimientos y la experiencia de técnicos especializados que utilizan como base componentes o sistemas que han probado su eficacia en aplicaciones similares. Hecho esto, se aplica el cálculo o la experimentación para corregir dichas condiciones base para adaptarlas a las del nuevo escenario a proteger. No existe ningún método general para la aplicación de diseños basados en prestaciones, por lo que cada solución deberá ser argumentada y validada individualmente.

En este diseño, es el mismo fabricante o técnico el que se encarga de realizar las pruebas y se acostumbra a contar con la presencia de un tercero (entidad técnica o técnico acreditado) para verificar la toma de datos y dar fe, mediante documento escrito, de los resultados obtenidos.

4.5.8. Otras consideraciones de diseño

Se recogen en este apartado algunas consideraciones de diseño adicionales que se deben tener en cuenta:

- **Retardo de descarga.** Para sistemas secos y de preacción con difusores automáticos, el medio extintor (agua) debe ser descargado por el difusor dentro de los 60 segundos después de la activación del sistema (rotura del primer difusor). En los sistemas de diluvio (difusores abiertos) el agua debe ser descargada a través de todos los difusores dentro de los 30 segundos posteriores a la activación.
- **Reducción del nivel de oxígeno.** Los sistemas que descarguen dentro del volumen protegido un gas distinto del aire (p. e., nitrógeno) deben cumplir los requerimientos de seguridad indicados en la norma EN 15004-1, así como la normativa nacional correspondiente a la seguridad por concentración de gas.

- **Aditivos.** Está permitido el uso de aditivos mezclados con el agua utilizada en la descarga cuando venga ocasionado por uno de los siguientes motivos:
 - Prevenir la congelación en el depósito o las tuberías (sistema húmedo).
 - Prevenir el deterioro del agua o el depósito.
 - Prevenir la corrosión.
 - Mejorar las capacidades contra el fuego.

El fabricante deberá documentar que el uso de estos aditivos no afecta negativamente la capacidad de lucha contra el fuego del sistema, así como especificar el tipo de aditivo, concentración específica y método requerido para su mezcla con el agua.

En el caso de la mejora de las capacidades contra el fuego, deben ser ensayados tanto la concentración como el método de mezclado, y comprobar su correcto funcionamiento.

Existen algunas aplicaciones que aprueban el uso de un aditivo como mejora, normalmente agentes espumógenos. Son casos muy concretos y generalmente dedicados a la extinción de líquidos inflamables.

4.6. Criterios generales de instalación

En esta sección, se van a proporcionar las principales cuestiones a tener en cuenta para la correcta instalación de los sistemas. Se aconseja dirigirse a la norma CEN/TS14972 para una exhaustiva descripción de los requerimientos de instalación de cada uno de sus componentes.

Un requerimiento que se puede hacer con propósito general para la instalación del sistema y cada uno de sus componentes es seguir las indicaciones del manual de instalación del fabricante y que el personal de instalación esté debidamente formado. El fabricante tiene la obligación de facilitar la documentación técnica relativa a su sistema y componentes, entre la que se incluyan sus datos técnicos, así como un manual que recoja las operaciones de instalación necesarias, metodología para realizarlas, instrucciones de seguridad y criterios de pruebas.

4.6.1. Requisitos básicos de la instalación

- **Difusores:**
 - Se debe respetar la distancia al techo, la altura máxima y mínima al suelo y el diseño del techo.
 - Se deben distribuir e instalar de acuerdo con las indicaciones del diseño y fabricante, teniendo en cuenta al menos los siguientes parámetros:
 - Tipo de riesgo.
 - Tipo de difusor y características de flujo y espray.
 - Distancia mínima y máxima entre difusores.
 - Distancia a paredes y otras obstrucciones; difusores extra para compensarlas.
 - Distancia al techo, la altura máxima y mínima al suelo y el diseño del techo.
 - Distancia del difusor al riesgo protegido.
 - Orientación del difusor.
- **Sistema de abastecimiento de agua:**
 - Pueden ser depósitos presurizados, depósitos con gas impulsor exterior y bombas, y todos deben cumplir con lo siguiente:
 - Sus componentes deben cumplir con la norma EN 12259.

- La instalación de la bomba (grupo de bombeo) o tanque (o cilindro) presurizado debe hacerse de acuerdo con la norma EN 12845.
- Tienen que ser fabricados en aleación metálica o material compuesto de modo que evite la corrosión y la formación interior de lodo.
- Debe ser compatible con el sistema de agua nebulizada específico probado de acuerdo a los protocolos normativos de aplicación o test funcionales específicos.
- Se instalarán en salas o zonas donde no se realicen procesos peligrosos ni tengan riesgo de explosión, se protegerán debidamente y se asegurará su accesibilidad.
- La elección del tipo de abastecimiento de agua dependerá de la confiabilidad necesaria del sistema, que será función del criterio de protección y riesgo que se protege. Ello implicará un determinado número de bombas o tipo de reserva de agua. Para más detalles, se recomienda consultar la norma CEN/TS14972.
- Los sistemas presurizados deben cumplir específicamente con lo siguiente:
 - Los cilindros y colectores deben ser instalados utilizando medios de sujeción específicos a tal efecto.
 - Deben estar almacenados cumpliendo las temperaturas especificadas por el fabricante.
 - Deben estar adecuadamente protegidos para evitar cualquier daño físico.
 - Los grupos de bombeo deben cumplir específicamente con las siguientes medidas:
 - Para reforzar la seguridad, se deben instalar medios de alivio de presión cuando el grupo pueda sobrepresurizar el sistema por encima de la presión de trabajo requerida.
 - El agua retirada del sistema por una válvula de sobrepresión no se recirculará al sistema para evitar calentamiento.
 - Se instalarán medios para probar y medir la presión y el caudal del sistema.
 - Se instalarán presostatos a la entrada y salida del grupo de bombeo.
 - Se monitorizarán las siguientes señales en las bombas:
 - Eléctricas: encendido, pérdida de corriente, cruce de fases, controlador en posición no-automática.
 - Diésel: encendido, pérdida de corriente, controlador en posición no-automática, presión baja de aceite, temperatura alta del agua, error de arranque, sobrevelocidad, nivel de combustible.
 - Los depósitos tendrán medición de nivel y temperatura (si están en exterior), y dispondrán de drenaje y rebosadero. También deberán instalar una válvula entre tanque y bombas para facilitar el mantenimiento.
- **Suministro de agua:**
 - Puede utilizarse un servicio de agua potable, agua utilizada para otros sistemas de extinción de incendio o agua de mar.
 - La calidad del agua debe ser tal que no se encuentren en suspensión partículas que puedan acumularse en la red de tubería, pues podrían causar obturación (algunos fabricantes recomiendan el uso de agua desmineralizada, especialmente en sistemas de alta presión).
 - El agua almacenada, la tubería de suministro y la válvula de control deben ser mantenidos a temperaturas por encima de los 4 oC para evitar la congelación. De no ser posible, se pueden añadir aditivos aceptados.
- **Tubería, accesorios y suportación:**
 - La red de tubería deberá soportar al menos cuatro veces la presión de diseño.
 - Será de acero inoxidable, o de algún material con características similares respecto a la corrosión, y deberá soportar las temperaturas esperadas.
 - La tubería y los accesorios se debe instalar de forma que la red no esté expuesta a daño por causa del fuego, paso de vehículos, congelación, sismos, etc.
 - Se deben tener en cuenta los posibles efectos de dilatación térmica en tiradas de tubería muy largas.

- Deben cumplir, al menos, los criterios que establecen la norma EN 12845 y el fabricante.
- La tubería se debe instalar de tal forma que toda la red pueda ser drenada.
- **Válvulas de control, regulación y corte:**
 - Deben ser capaces de operar adecuadamente para las presiones, temperaturas y ambiente encontrados en la instalación.
 - Deberán cumplir con lo relevante incluido en las normas EN 12259 y EN 12845.
 - Deben estar protegidas contra manipulación no autorizada.
- **Válvulas antirretorno:**
 - Se deben instalar si más de una sección es alimentada por un suministro común.
 - Se deben instalar para evitar el flujo hacia atrás o como separación entre la fuente de agua (depósito) y el grupo de bombeo.
- **Válvulas de seguridad:**
 - Se instalarán para soportar una presión igual a 1,5 veces la presión de diseño del sistema.
- **Filtros:**
 - Serán de material anticorrosivo, y su rejilla y partes de sujeción deberán ser metálicos. Deberá indicar en su encapsulado la dirección en la que debe circular el flujo.
 - Se instalarán en cada conexión de suministro de agua.
 - Su diseño no debe permitir el paso de esferas que tengan un diámetro superior a 0,8 veces el tamaño del orificio de paso de agua más pequeño en un difusor.
- **Instalación eléctrica:**
 - Se deben cumplir todas las reglamentaciones relativas a alto y bajo voltaje.
 - La red de tubería se debe conectar a tierra.
 - En sistemas activados automáticamente, la energía proveniente de la red pública debe conectarse al interruptor principal (tan cerca como permita la legislación). El suministro no se debe compartir con ningún otro sistema, y el interruptor de aislamiento se debe identificar claramente como sigue: “NO DESCONECTAR. SISTEMA AUTOMÁTICO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO”.
- **Activación manual:**
 - Los sistemas de agua nebulizada deben estar provistos de un sistema de activación manual (excepto los sistemas de difusores automáticos).
 - Se debe ubicar dicho sistema en el exterior y cerca de la salida del recinto protegido.
- **Requerimientos del recinto:**
 - La resistencia al fuego de las estructuras, las aberturas de alivio de presión y las obstrucciones deben estar de acuerdo con el diseño del fabricante y el manual de instalación.
 - Se debe prever la disposición de elementos de desconexión de las fuentes de energía y suministro de combustible en las áreas en las que se produzca un incidente de fuego, a excepción de los suministros mínimos para el funcionamiento de los sistemas de emergencia.
 - El sistema de ventilación se debe apagar antes de la operación del sistema. Cuando no sea posible, la velocidad del aire y/o la superficie total de fuga debe estar entre los límites de diseño especificados en el test.

4.6.2. Pruebas de aceptación

Una vez finalizados los trabajos de instalación, se debe seguir un protocolo de pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del sistema y sus componentes. Los criterios de aceptación serán los siguientes:

- Comprobación de que la tubería está limpia, sin virutas ni escombros.
- Comprobación de que todo el sistema se ha instalado según la documentación aprobada, y que el riesgo a proteger cumple con las condiciones y los límites previstos en el diseño.
- Verificación funcional completa de todas las maniobras de funcionamiento y alarma, así como del sistema de detección.
- Hecho esto, se debe comprobar el completo funcionamiento del sistema de la forma siguiente:
- El sistema de agua nebulizada se debe presurizar a 1,5 veces la presión de diseño durante al menos 2 horas para asegurar que no existen fugas ni fallos en la red. Si se encuentra algún fallo, debe corregirse y repetirse de nuevo la prueba.
- Hay que tomar las medidas de seguridad necesarias para evitar riesgos a las personas que se encuentren en la zona afectada por el test.
- Se debe llevar a cabo una de las siguientes dos pruebas:
- Una descarga total de prueba, con registro de valores de presión y funcionamiento del sistema.
- Una validación de la presión y el caudal de agua que ofrece el abastecimiento, y del paso libre a todos los difusores utilizando medios alternativos (descarga de aire), siempre y cuando lo permita la autoridad competente.

Una vez completado este procedimiento de validación, el instalador/suministrador debe emitir un certificado de cumplimiento.

El instalador deberá también entregar al usuario receptor de la instalación un informe de puesta en marcha que contenga:

- Los resultados de las pruebas hidrostáticas.
- Que las tuberías han sido debidamente limpiadas y están libres de suciedad que pueda bloquear los difusores.
- Los resultados de los test funcionales.

Una vez se han llevado a cabo las pruebas y se ha emitido el certificado por parte del instalador, la aceptación del sistema la debe realizar una entidad independiente y competente que declare la conformidad de dicho sistema en cuanto a su idoneidad para la protección, así como su correcta instalación y funcionamiento.

5. Mantenimiento

Una vez se ha instalado el sistema, se deben llevar a cabo operaciones de mantenimiento periódicas de acuerdo con los requisitos establecidos por el fabricante y para cumplir con lo previsto en la normativa de obligado cumplimiento.

Los trabajos de mantenimiento que indique el fabricante se deben llevar a cabo al menos con periodicidad anual, y siempre de acuerdo al programa facilitado donde se detallen las operaciones y tiempos específicos para cada componente del sistema.

El programa de mantenimiento que debe tener un sistema de extinción de agua nebulizada está también especificado en la normativa, tal y como se indica:

- **CEN/TS14972**
 - Obliga a realizar al menos una vez al año las tareas de mantenimiento que especifique el fabricante.

- **RD 513/2017**
 - Desde su entrada en vigor, prevé en su articulado los sistemas de agua nebulizada, los cuales detalla en su anexo II, sección 1.a, tablas I y II, con el detalle y la periodicidad siguientes:
 - Cada tres meses:
 - Comprobación de que los dispositivos de descarga del agente extintor (boquillas, rociadores, difusores...) están en buen estado y libres de obstáculos para su funcionamiento correcto.
 - Comprobación visual del buen estado general de los componentes del sistema, especialmente de los dispositivos de puesta en marcha y las conexiones.
 - Lectura de manómetros y comprobación de que los niveles de presión se encuentran dentro de los márgenes permitidos.
 - Comprobación de los circuitos de señalización, pilotos, etc. en los sistemas con indicaciones de control.
 - Comprobación de la señalización de los mandos manuales de paro y disparo.
 - Limpieza general de todos los componentes.

 - Cada seis meses:
 - Comprobación visual de las tuberías, depósitos y latiguillos contra la corrosión, el deterioro o la manipulación.
 - En sistemas que utilizan agua, verificar que las válvulas, cuyo cierre podría impedir que el agua llegase a los rociadores o pudiera perjudicar el correcto funcionamiento de una alarma o un dispositivo de indicación, se encuentran completamente abiertas.
 - Verificar el suministro eléctrico a los grupos de bombeo eléctricos u otros equipos eléctricos críticos.

 - Cada año:
 - Comprobación de la respuesta del sistema a las señales de activación manual y automáticas.
 - En sistemas fijos de extinción por agua o por espuma, comprobar que el suministro de agua está garantizado en las condiciones de presión y caudal previstas.
 - En sistemas fijos de extinción por polvo, comprobar que la cantidad de agente extintor se encuentra dentro de los márgenes permitidos.
 - En sistemas fijos de extinción por espuma, comprobar que el espumógeno no se ha degradado.
 - Para sistemas fijos de inundación total de agentes extintores gaseosos, revisar la estanquidad de la sala protegida en condiciones de descarga.
 - Los sistemas fijos de extinción mediante rociadores automáticos deben ser inspeccionados según lo indicado en el Programa anual de la UNE-EN 12845.
 - Los sistemas fijos de extinción mediante rociadores automáticos deben ser inspeccionados cada tres años, según lo indicado en Programa cada 3 años de la norma UNE-EN 12845.

- Nota: los sistemas que incorporen componentes a presión que se encuentre dentro del ámbito de aplicación del Reglamento de Equipos a Presión, aprobado mediante el Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, serán sometidos a las pruebas establecidas en dicho reglamento con la periodicidad que en él se especifique.
- Cada cinco años:
 - Prueba de la instalación en las condiciones de su recepción.
 - En sistemas fijos de extinción por espuma, determinación del coeficiente de expansión, tiempo de drenaje y concentración, según la parte de la norma UNE-EN 1568 que corresponda, de una muestra representativa de la instalación. Los valores obtenidos han de encontrarse dentro de los valores permitidos por el fabricante.
 - Los sistemas fijos de extinción mediante rociadores automáticos deben ser inspeccionados cada diez años, según lo indicado en el Programa de 10 años de la norma UNE-EN 12845.
 - Los sistemas fijos de extinción mediante rociadores automáticos deben ser inspeccionados cada 25 años, según lo indicado en el anexo K de la norma UNE-EN 12845.

6. Caso práctico

En el estudio de este caso práctico, se plantea la protección mediante agua nebulizada de una sala de máquinas en la que se encuentra un generador de corriente cuyo motor está alimentado por combustible diésel.

En esta sala, que cuenta con las protecciones y los aislamientos que le son técnicamente necesarios (estabilidad contra el fuego, acústicos, etc.), se aloja únicamente el generador eléctrico y otros elementos eléctricos y mecánicos anexos requeridos para su funcionamiento. De este modo, no se puede considerar más causa de riesgo de incendio que el propio generador.

La sala en la que se encuentra el generador tiene una superficie rectangular de 10 metros de largo por 8 metros de ancho, con una altura de 4,5 metros.

PROCESO DE RESOLUCIÓN DEL CASO

En primer lugar se ha de **identificar y categorizar el riesgo**.

Al tratarse de un generador que utiliza un motor diésel en su funcionamiento, es precisamente dicho combustible el principal foco de riesgo de incendio, ya que este podría incendiarse ante un derrame accidental o fuga al entrar en contacto con las partes calientes del motor o al producirse algún mal funcionamiento en el proceso de combustión. Por tanto, estamos ante un riesgo de incendio por líquidos inflamables.

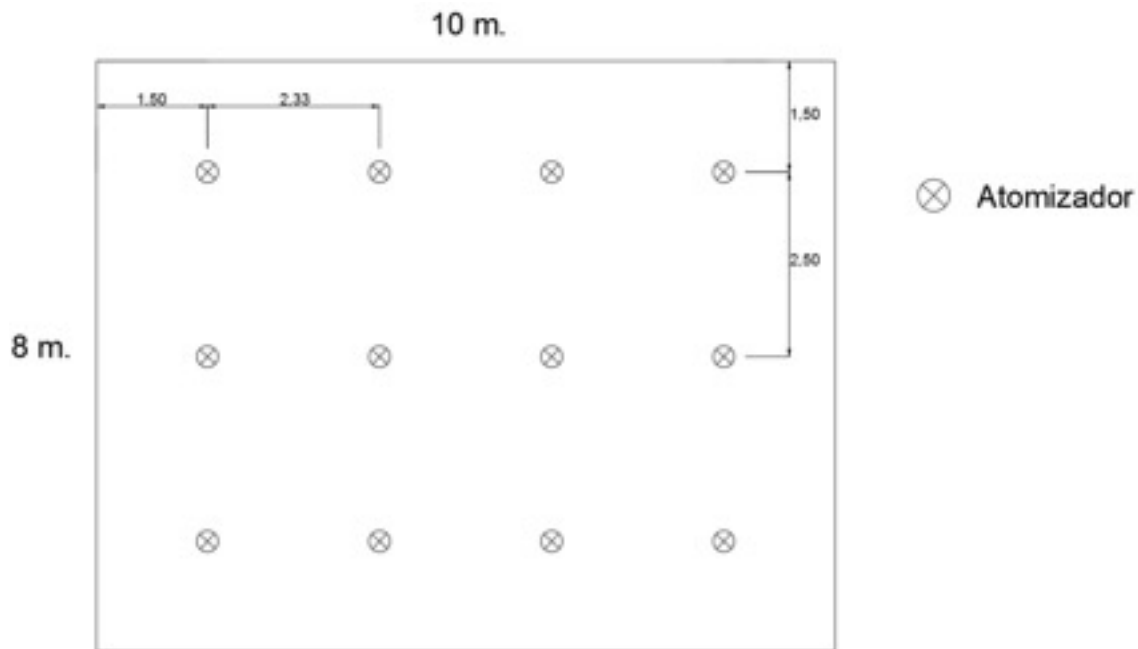
En segundo lugar, hemos de definir los componentes del sistema de extinción de incendio que serán adecuados para este riesgo, siendo el principal el atomizador.

La **selección del atomizador** debe recaer en un equipo que haya sido testado y certificado para la extinción de riesgos con líquidos inflamables en base a protocolos de ensayos recogidos en la normativa o normas técnicas a tal efecto. En la ficha técnica de dicho equipo, se especifican las características del mismo y que tendremos en cuenta para el diseño, como son: superficie de cobertura, presión y caudal mínimos, altura máxima de instalación, densidad de aplicación, factor K y otras.

Una vez seleccionado el atomizador correspondiente, observamos sus características de diseño y comprobamos que son adecuadas para el riesgo a proteger. Consideremos estas características técnicas:

- Atomizador abierto (sin bulbo), certificado según IMO1165
- Espaciado: 3 m; distancia mínima a pared: 1,5 m
- Altura máxima de instalación: 5 m
- Presión mínima: 100 bar
- Factor K: 0,62

En tercer lugar, hemos de **calcular en número de atomizadores necesarios** de acuerdo con la cobertura de los mismos mediante su distribución en el riesgo. Siendo su cobertura de 3 x 3 metros, serán necesarios un total de 12 atomizadores, que se distribuyen de forma homogénea tal y como indica el siguiente esquema:



A continuación, se calcula el caudal de agua necesario para alimentar el sistema en base a las condiciones mínimas requeridas, con la siguiente fórmula:

$$Q = K * \text{raíz}(P)$$

Siendo Q el caudal en l/min; K un factor en l/min/bar^{1/2}; P la presión en bar.

El caudal mínimo requerido por un atomizador es de 6,2 l/min.

Puesto que es un sistema de atomizadores abiertos, todos van a descargar al mismo tiempo; por tanto, la instalación va a requerir de un total de 74,4 l/min de caudal (6,2 l/min * 12 atomizadores).

Es costumbre habitual dar un margen de seguridad a este cálculo de entre un 5 y un 10% para cubrir pequeñas variaciones debido a la diferencia de presión entre atomizadores (el más cercano al grupo de presión tendrá mayor presión, consumirá más agua). Con un 10% de margen, se requerirían 81,84 l/min.

La reserva de agua necesaria se define por el caudal necesario, ya calculado, y el tiempo de descarga.

Según la normativa, la descarga debe ser al menos de 10 minutos; por tanto, deberemos contar al menos con un depósito de 818,4 litros.

Finalmente, se han de definir y calcular los otros elementos principales del sistema, el grupo de presión y la tubería.

Para el grupo de presión, elegiremos un equipo que nos asegure las condiciones de presión y caudal necesarias definidas según el cálculo anterior, de acuerdo con su curva de trabajo. Estos datos serán proporcionados por la documentación técnica del fabricante.

El cálculo de tubería se excluye de este ejercicio, pues se utilizará (de forma habitual) un software de cálculo hidráulico, que determinará el diámetro de la tubería requerido en cada tramo de la instalación en función de la longitud y el trazado de la tubería según el lugar físico de ubicación del grupo de bombeo, no definido en este caso práctico.

Para acabar, es importante mencionar que el cálculo realizado corresponde a los valores mínimos de presión y caudal necesarios para el correcto funcionamiento de la protección. En caso de que las condiciones de caudal y presión de operación sean mayores, que puede ser habitual por la estandarización de los grupos de bombeo de los fabricantes y la aplicación de las curvas de funcionamiento, se debe revisar el cálculo en base a las condiciones reales de funcionamiento del sistema. Un incremento en la presión de trabajo en el atomizador aumenta el caudal de agua descargado y así la reserva de agua necesaria para el tiempo de descarga.

7. Normativas referenciadas

Se recogen en esta sección las normativas, normas técnicas y protocolos técnicos citados en este documento y cuya consulta puede ser necesaria para una adecuada comprensión de los conceptos puestos o adquisición de información complementaria:

- RD 513/2017 - RIPCI, Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- CEN/TS 14972 - Sistemas fijos de extinción de incendios. Sistemas de agua nebulizada, diseño e instalación.
- RD 314/2006 - Código Técnico de la Edificación, documento básico - Seguridad en caso de incendio (CTE DB-SI)
- RD 2267/2004 - Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI).
- NFPA 750 - Standard on Water Mist Fire Protection Systems.
- FM Global. Property Loss Prevention Data Sheet 4-2. Water Mist Systems.
- FM5560. Approval Standard for Water Mist Systems.
- FM5580. Approval Standard for Hybrid (Water and Inert Gas) Water Mist Systems.
- UL 2167. Standard for Water Mist Nozzles for Fire Protection Service.

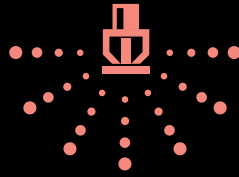
- IMO Circ. 1165. Revised Guidelines for the Approval of Equivalent Water-Based Fire Extinguishing Systems for Machinery Spaces and Cargo Pump-Rooms.
- IMO Circ. 1387 (Antigua Circ. 913). Revised Guidelines for the Approval of Fixed Water-Based Local Application Fire-Fighting Systems for Use in Category A Machinery Spaces.
- UNE-EN 2-1994/A1. Clases de fuego.
- EN 12259 (todas las partes), Sistemas fijos de lucha contra incendios - Componentes para sistemas de rociadores y agua pulverizada.
- ISO 6182-11. Fire protection - Automatic Sprinkler Systems - Part 11: Requirements and Test Methods for Pipe Hangers.
- ISO 6182-12. Fire Protection - Automatic Sprinkler Systems - Part 12: Requirements and Test Methods for Grooved-End Components for Steel Pipe Systems.
- EN 54 (todas las partes), Fire Detection and Fire Alarm Systems.
- EN 12094 (todas las partes), Sistemas fijos de lucha contra incendios - Componentes para sistemas de extinción mediante agentes gaseosos.
- EN 12845, Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño instalación y mantenimiento.
- EN 15004-1. Fixed Firefighting Systems - Gas Extinguishing Systems - Part 1: Design, Installation and Maintenance.
- UNE 23007-14, Sistemas de detección y alarma de incendios. Planificación, diseño, instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento de los sistemas de detección de incendio.

COLECCIÓN FICHAS SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS



ENGINYERS BCN

© Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona



www.enginyersbcn.cat/manuals

Proveedores comerciales:

