

5

Sistemas e instalaciones de protección

SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS

Concepto

Un sistema de detección y alarma de incendios es un elemento que, diseñado e instalado correctamente, contribuirá poderosamente a limitar las pérdidas materiales debidas al incendio y a minimizar o evitar, lo que aún es más importante, las pérdidas humanas que podrían derivarse de tal situación.

Un sistema de detección de incendios no debe ser en ningún caso una medida aislada, sino que se debe complementar con actuaciones humanas previstas en un plan de emergencia o automáticas, como el disparo de sistemas fijos de extinción, en su caso.

Un sistema de detección de incendios se compone de (figura 1):

- Los elementos captadores de señales: detectores automáticos, pulsadores manuales, flujostatos que indican que funciona un sistema de sprinklers, presostatos que indican que funciona un sistema de CO₂ o de agua pulverizada.
- La central de señalización y mando que recibe la información de los captadores a través de líneas eléctricas (líneas de aviso).
- La interfase de la central con los operadores:



Figura 1.

- Las señales que el sistema envía a los operadores.
 - Los mandos que los operadores envían al sistema.
 - Los distintos niveles de acceso de los operadores al sistema, que típicamente son tres:
 - a) Los operadores con autorización para parar la señal acústica.
 - b) Los encargados de seguridad, que además pueden rearmar, desconectar zonas, poner zonas en situación de pruebas, cambiar las claves y niveles de acceso.
 - c) El servicio de mantenimiento, que puede probar, revisar, programar, cargar algoritmos, configurar. Pero no puede cambiar (ni siquiera conocer) las claves ni los niveles de accesos.
- Las alarmas a distancia: tableros repetidores en el edificio, señales a bomberos.
 - Los mandos: disparo de extinción, paro de ventilación, cierre de aperturas, cierre de puertas cortafuegos, apertura de exutorios, iluminación de socorro, balizas de evacuación, etc.
 - La capacidad de adaptación a las variaciones que experimenta el riesgo al transcurrir el tiempo (simbolizado por los relojes de la figura 1): variaciones en el riesgo (una cantina pasa a ser almacén, un hall pasa a sala de exposiciones, un almacén pasa a aparcamiento, etc.), variaciones en las alarmas y mandos, variaciones en los operadores, personal de seguridad y mantenimiento.

- El riesgo en sí mismo, es decir, el posible incendio y sus efectos detectables, y los efectos perturbadores, forman también parte del sistema. Y es el elemento determinante: los detectores, centrales, operadores, etc., deben adaptarse al riesgo, no el riesgo al sistema.

Variantes

Los sistemas de detección de incendios son de tipos muy variados. Las variantes fundamentales se muestran en la figura 2.



Figura 2. Variantes de los sistemas de detección de incendios.

- La primera variante que hay que tener en cuenta proviene de las *especificaciones* que deben cumplir los sistemas. En la figura 3 pueden verse distintas clases de especificaciones que existen actualmente en el mercado.
- La segunda variante está marcada por la *identificación colectiva* o *individual* de los elementos conectados a las líneas de detección (detectores, pulsadores, contactos).

En una línea de identificación colectiva, todos los detectores señalizan (alarma, avería, estado) en una misma y única zona, que viene determinada por los hilos de la línea a la que están conectados. La figura 4 muestra un ejemplo.

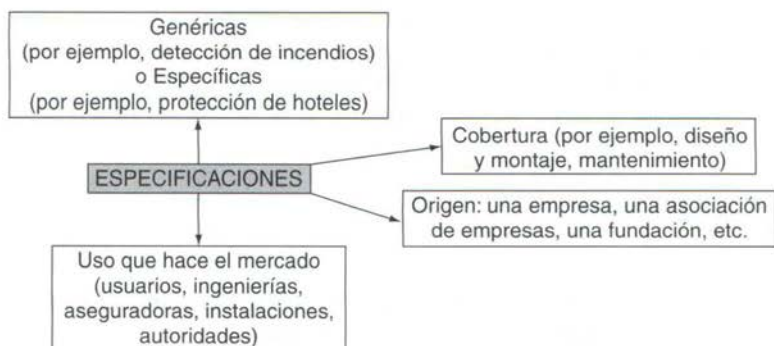
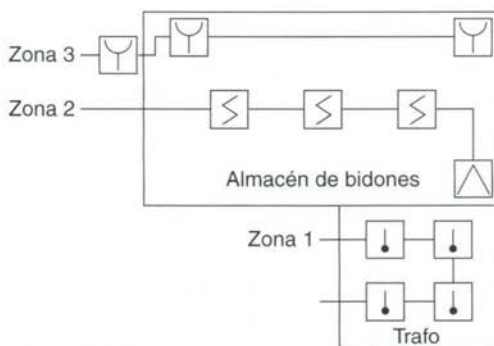


Figura 3. Tipos de especificaciones.

En una línea de identificación individual, como la que se muestra en la figura 5, la zona en la que se señalizan los distintos detectores no viene determinada por los hilos de la línea a la que están conectados, sino por la programación que permite la electrónica de la central y los detectores.



Identificación colectiva

Tres líneas de identificación colectiva, cada línea para una zona:

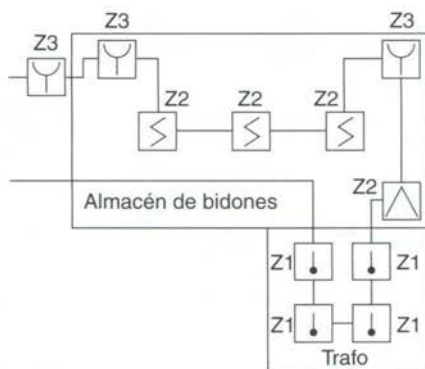
Z1: cuatro detectores térmicos en un bucle.

Z2: tres detectores de humos y uno de llamas en una línea abierta.

Z3: tres pulsadores en una línea abierta.

Si el almacén de bidones se divide en dos, para separarlo en dos zonas hay que tender cables nuevos desde la central para transformar otra línea.

Figura 4. Ejemplo de identificación colectiva.



Identificación individual

El mismo riesgo que en la figura anterior, con una línea de identificación individual.

La señalización de las zonas de riesgo en la central es exactamente la misma que en «identificación colectiva», pero el montaje es más libre y más flexible: si el almacén de bidones se divide en dos, para separar la zona basta con variar la configuración en la central sin modificar el tendido de cables.

Figura 5. *Ejemplo de identificación individual.*

- Otra posible variante es la actividad de los detectores: pasiva si esperan que el humo llegue por sus medios, o activa si aspiran el humo forzándolo a llegar al detector.
- Finalmente, caben varios tipos de respuesta del detector ante el efecto detectado: de umbral (una determinada cantidad de humo, una cierta temperatura) o de perfil (unas determinadas formas de la variación del humo con el tiempo).

Los detectores de umbral son actualmente bien de respuesta digital, bien de respuesta analógica. Los detectores de respuesta analógica pueden reaccionar por detectores o por la línea completa.

Componentes de los sistemas de detección

La figura 6 muestra los bloques principales que componen un sistema de detección de incendios, y la figura 7 muestra con más detalle la estructura de los componentes.

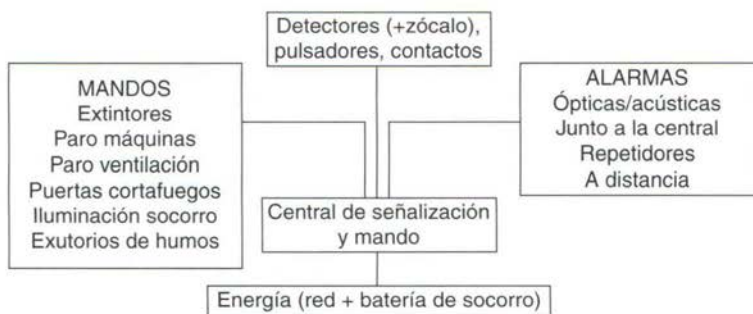


Figura 6. Bloques de un sistema de detección.

- Detectores automáticos. Un detector automático de incendio es un componente del sistema que reacciona de forma automática, permanentemente o a intervalos muy frecuentes, ante uno o varios fenómenos físico-químicos que acompañan al fuego.
- Zócalos. Los detectores se colocan en zócalos que aseguran su estabilidad mecánica y la conexión eléctrica a la línea. La utilidad de los zócalos es:

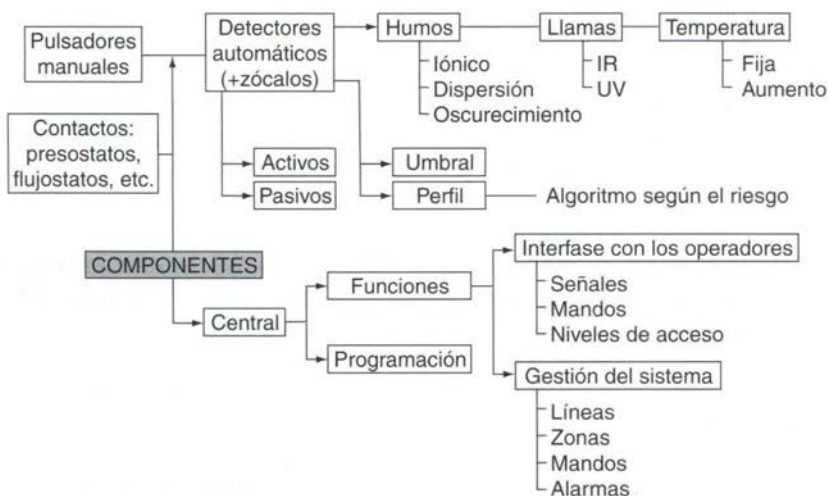


Figura 7. Componentes de un sistema de detección.

- Mantenimiento de los detectores: sacar un detector sucio y sustituirlo por un detector limpio, cambiar un detector averiado o dañado por el fuego, etc.
 - Adaptar el sistema a variaciones del riesgo: cambiar el tipo de detector.
- Indicadores de acción. En el zócalo o en el propio detector debe existir un piloto (suele ser un LED) que se ilumina o parpadea en caso de alarma, de forma que facilita la localización precisa del detector activado. Los pulsadores también pueden tener un indicador de acción incorporado.
- Cuando el detector está montado de manera poco o nada visible (por ejemplo, en un local cerrado, en un falso techo, dentro de un armario eléctrico, etc.), es necesario conectar uno o varios indicadores de acción adicionales, montados de forma que localicen claramente el fuego (encima de la puerta del local cerrado o del armario eléctrico, etc.).
- Pulsadores manuales. Los pulsadores manuales permiten que una persona dé manualmente la alarma. Suelen estar protegidos con un vidrio, de manera que la alarma involuntaria (por confusión con un timbre, etc.) sea imposible. Para dar la alarma debe romperse el vidrio, que está construido de manera que romperlo sea fácil y sin peligro de corte.
- Los pulsadores deben tener también: un LED, o indicador de acción incorporado, que se ilumina cuando se ha activado el pulsador, de manera que se pueda identificar el pulsador activado; y un dispositivo que permita efectuar pruebas sin romper el vidrio.
- Contactos. Un sistema de protección incluye a menudo instalaciones de extinción además de detección. A menudo estas extinciones se pueden disparar independientemente de la detección, por actuación manual o automática (por ejemplo, sprinklers). En cualquier caso, el sistema de detección debe avisar del disparo de una extinción. Para ello se usan contactos tipo presostato (en el colector de descarga del gas o agua) o tipo flujostato (sprinklers de tubería mojada).
- Central de señalización y mando. La central de señalización y mando realiza las siguientes funciones:

a) Alimenta —incluso en caso de fallo de la red de alimentación de corriente— los elementos conectados a las líneas de aviso (detectores, pulsadores, flujostatos de rociadores automáticos, presostatos de otros sistemas de extinción), controla su correcto estado de funcionamiento y recibe, evalúa y, en su caso, procesa las señales que recibe de las mismas (alarma, avería).

b) Señaliza las alarmas, anomalías, averías y estado del sistema y sus componentes. Localiza e indica el origen de la señal de forma automática en caso de alarma y de forma automática o al interrogarla en caso de avería. Esta señalización se efectúa en la propia central, en repetidores cercanos o a distancia, y en elementos de alarma (sirenas, luces, etc.) aplicados a cada caso. Todo ello siguiendo un plan previsto a la medida del riesgo que protege y la organización humana disponible.

c) Efectúa los controles correspondientes según el plan de funciones establecido para cada caso concreto. Controla su correcto estado de funcionamiento.

En los sistemas grandes o complejos pueden existir diversas centrales locales o subcentrales conectadas mediante líneas supervisadas a una central principal. En este caso, no debe existir ningún equipo o central esencial para el funcionamiento del sistema.

En las figuras 8 y 9 se ven dos ejemplos de descentralización: varios edificios de una misma empresa y un gran edificio.

La central debe tener un estado básico, en el cual todos los dispositivos de alarma, avería y funcionamiento automático de sistemas de extinción y auxiliares estarán en posición de vigilancia. Cualquier modificación de dicho estado dará lugar a una alarma óptica y acústica. El bloqueo de cualquier señal acústica dará lugar a una señal óptica perfectamente visible e identificable.

El diseño de la central será tal que sea capaz de alimentar simultáneamente todos los consumos conectados a ella con la alimentación principal, sin que tenga corriente de descarga de las baterías. Si la tensión de la red no lo permite, deberá accionar una alarma óptica y acústica.

La alimentación auxiliar debe ser capaz de accionar simultáneamente todos los sistemas auxiliares. En caso de que el estado de carga no lo permita, deberá apagarse el indicador de «buen estado de alimentación auxiliar» del que debe disponer la central.

La central de señalización y control se colocará en un recinto próximo al acceso principal de la edificación, con protección suficiente frente a influencias ambientales y climáticas, y protegida frente a un posible incendio.

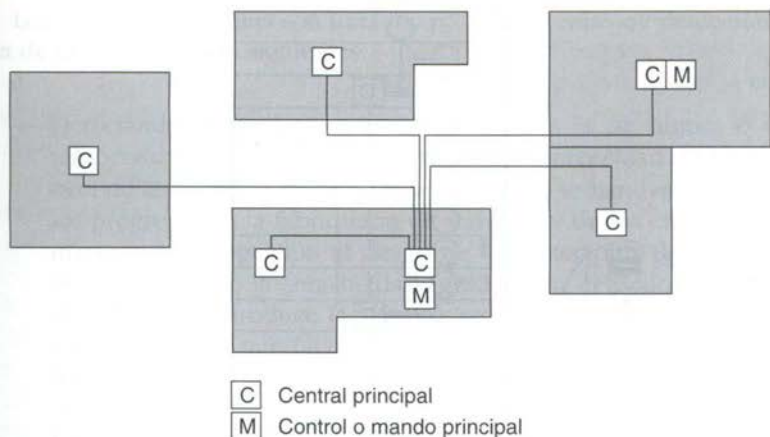


Figura 8. Centralización de los detectores de incendio en edificios de una misma empresa. En estos casos se deben recorrer grandes distancias entre las diferentes centrales locales y la central principal. La interconexión se hace en estrella. Para esto es necesario una unión punto a punto separada por cada central local.

— *Líneas.* Las líneas conectan los zócalos, pulsadores y contactos a la central. Sus características dependen sobre todo de la electrónica particular de la central a la que están conectadas, pero, en cualquier caso:

- La cantidad de elementos (zócalos, pulsadores, contactos) que se pueden conectar tiene un límite. Valores típicos: 25 elementos en una línea colectiva, 50 en una línea individual.
- La resistencia óhmica tiene un valor máximo del orden de 200 ohmios. Esto limita su longitud.
- En las líneas de identificación individual, la capacidad tiene un valor máximo del orden de 200 nanofaradios. Esto limita también la longitud. Si se aumenta el diámetro de los conductores para disminuir su resistencia, se aumenta su capacidad, con lo que ésta suele ser el límite real.
- En las líneas individuales los cables deben ser trenzados o apantallados, ya que de esta forma las líneas son más resistentes a las perturbaciones electromagnéticas. En todo caso, deben seguirse las especificaciones del fabricante.

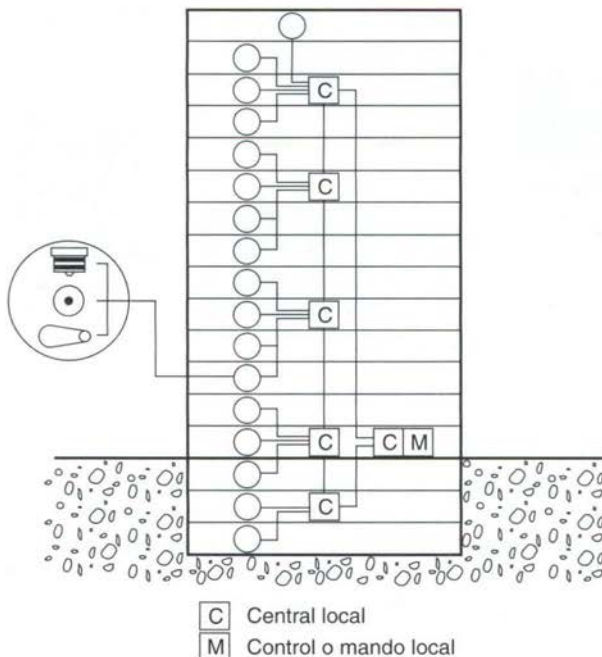


Figura 9. Las centrales locales dentro de un edificio complejo se pueden conectar a la central principal mediante una línea de bucle (loop). Esto es más barato que la conexión punto a punto, pero sólo es posible para distancias cortas. Ejemplo clásico para una aplicación de este tipo: un inmueble de gran altura.

Detectores de incendio. Tipos

Los detectores y sistemas de detección son sensibles a los siguientes efectos:

- El fuego, por sus manifestaciones detectables: humos, llamas y temperatura.
- Efectos perturbadores que dificultan la evaluación de los efectos detectables: humos no procedentes de incendios, corrientes de aire, humedad, polvo, suciedad, vibraciones, radiaciones que perturban la detección de llamas, perturbaciones electromagnéticas, etc.

Los efectos detectables son tratados por los sistemas de detección de una de las dos maneras siguientes:

- Detectando un umbral, por ejemplo, un 3 % de humo, o una temperatura de 60 °C, o una determinada intensidad de la radiación de las llamas. Los detectores de umbral se han beneficiado de los progresos en la fabricación de sensores y de los circuitos electrónicos. La adaptación al riesgo de los detectores de umbral se efectúa variando la sensibilidad (graduación del valor del efecto detectado que produce la alarma), retardando la respuesta, colocando pantallas que facilitan o dificultan la captación de humos, llamas, etc., mediante conmutadores, interruptores o piezas adicionales.
- Detectando un perfil, por ejemplo, el perfil de la concentración de humos a lo largo del tiempo en un riesgo determinado. Esta forma de detección ha aplicado la informática mediante la colocación en los detectores de algoritmos o subrutinas de reconocimiento del comportamiento de humos, temperatura, etc. Se ha beneficiado de la electrónica (colocando microprocesador y memoria en cada detector), de la informática (los programas de comportamiento y la lógica de reconocimiento), y ha aplicado directamente los ensayos realizados en laboratorio y sobre riesgos reales, recogidos en bancos de datos acumulados durante años de experiencia. La adaptación al riesgo de los detectores de perfil se efectúa variando el algoritmo que define el perfil del riesgo memorizado en cada detector. Un algoritmo es un conjunto de reglas que permite al detector de perfil (detector algorítmico) reconocer la forma que tiene el efecto detectado (humo, temperatura, etc.) en caso de incendio real y distinguirlo de los efectos perturbadores. Estos detectores no tienen ninguna de las piezas móviles frecuentes en los detectores de umbral.

Los últimos años han visto un aumento muy considerable del riesgo de incendio, debido principalmente a:

- Construcción: edificios altos, grandes superficies.
- Instalaciones: canalizaciones, potencias elevadas.
- Personal: pocas personas, frecuentes variaciones.
- Cambios frecuentes de uso y compartimentación.

Este riesgo creciente, variado y cambiante, ha requerido sistemas de detección más potentes. En la práctica se ha aumentado la sensibilidad (a los efectos detectables y también a los efectos perturbadores), lo que ha incrementado las alarmas falsas e intempestivas de una forma que empieza a cuestionar la rentabilidad de los sistemas de detección debido al alto coste de las alarmas no reales. Los detectores de perfil, en lugar de los detectores de umbral, pretenden responder mejor a las exigencias actuales de los riesgos.

Como aclaración, conviene distinguir las clases de alarmas que puede generar un sistema de detección. Una *alarma real* se produce cuando el detector o sistema ha percibido el efecto seleccionado y éste ha sido originado por el incendio incipiente. Una *alarma intempestiva* es la producida por un detector ante el efecto seleccionado cuando éste no es producido por el fuego. Una *falsa alarma* es la producida por un detector sin que exista el efecto que detecta. A la cualidad de un detector *en un determinado riesgo*, que consiste en producir alarmas reales cuando hay fuego y no producir alarmas falsas ni intempestivas, se le denomina *fiabilidad*.

Clasificación de los detectores

En función del *fenómeno que detectan* y del *método empleado*, los detectores se clasifican en:

— Detectores de humos y gases de combustión:

a) *Detector iónico*: detecta la presencia de los productos de combustión (partículas líquidas y gaseosas suspendidas en el aire), por la influencia de éstos sobre la corriente eléctrica en una cámara de ionización.

b) *Detector óptico*: detecta la presencia de humo en un espacio de aire atravesado por un haz luminoso.

Los humos se pueden detectar de alguna de las dos formas siguientes:

- Principio de oscurecimiento: cuando las partículas de humo penetran en el haz, la luz que alcanza el receptor se reduce y la alarma se activa.
- Principio de dispersión: cuando las partículas de humo penetran en el haz, se produce la dispersión de la luz (efecto «Tyndall») y la alarma se activa.

- Detectores de radiación (de llamas):
 - a) *Detector de llamas*: detecta las radiaciones infrarrojas o ultravioletas emitidas por las llamas.
 - b) *Detector de chispas*: detecta la presencia de chispas en una conducción.

- Detectores de temperatura (térmicos):
 - a) *Detector termostático*: detecta si la temperatura ambiente excede de un cierto valor durante un tiempo determinado.
 - b) *Detector termovelocimétrico*: detecta si la velocidad de aumento de temperatura excede de un cierto valor durante un tiempo determinado.

En función del tratamiento del efecto detectado, se clasifican en:

- Detectores de umbral: responden en función de que la magnitud del efecto detectado alcance un umbral determinado. Por ejemplo, dan la alarma con un 3% de humos, o una temperatura de 90 °C.
- Detectores algorítmicos: responden en función de la forma que tiene el efecto detectado a medida que se desarrolla. Para ello utilizan un algoritmo que reconoce la forma de un incendio y la forma de un efecto perturbador. El algoritmo en el detector es peculiar de cada riesgo o clase de riesgo. Por ejemplo, un detector de humos en un aparcamiento se carga con un algoritmo diferente del que se le cargaría de estar en el pasillo de un hospital.

En función de su *configuración*, los detectores se clasifican en:

- Detector puntual: responde al fenómeno que se va a detectar en la proximidad de un elemento sensible puntual.
- Detector multi-puntual: responde al fenómeno que se va a detectar en la proximidad de un cierto número de elementos sensibles puntuales.
- Detector lineal: responde al fenómeno que se va a detectar en la proximidad de una línea continua.

En función de la *posibilidad de rearme* del detector, los detectores se clasifican en:

- Detector rearmable: detector que puede llevarse del estado de alarma al estado de vigilancia, cuando las condiciones que han producido su funcionamiento cesan sin que sea necesario sustituir ninguno de sus elementos.

Existen los siguientes tipos:

a) Detector rearmable a distancia: detector que puede llevarse a su estado de disponibilidad mediante una operación efectuada a distancia.

b) Detector rearmable localmente: detector que puede llevarse a su estado de vigilancia mediante una operación manual sobre el detector.

- Detector no rearmable:

a) Detector no rearmable (*con elementos reemplazables*): detector que, después del funcionamiento, necesita la sustitución de uno o varios elementos para llevarlo de nuevo a su estado de vigilancia.

b) Detector no rearmable (*sin elementos reemplazables*): detector que, después del funcionamiento, no puede llevarse a su estado de vigilancia.

En función de su *movilidad* por razones de servicio o de mantenimiento, los detectores se clasifican en:

— Detector amobile: detector que puede quitarse fácilmente de su disposición normal de funcionamiento.

— Detector inamobile: detector cuyas características de montaje no permiten su fácil retirada.

En función de su *actividad frente al efecto detectado*, se clasifican en:

— Detectores pasivos: esperan que el efecto detectado llegue al detector, sin actividad alguna que acelere esta llegada.

— Detectores activos: activan la llegada del efecto detectado de manera que este tiempo muerto de recorrido disminuya considerablemente. Utilizan la aspiración forzada para trasladar el aire ambiente hasta el detector.

Detector iónico

Consta de una cámara de medición, una cámara de referencia y una pequeña fuente radiactiva que ioniza el aire, generalmente el isótopo Americio 241. Cuando los productos de combustión (aerosoles) se introducen en la cámara de medición, disminuye la conductividad del aire. Al alcanzar un cierto nivel el detector se activa (figura 10).

Fenómeno detectado: la disminución de la corriente del aire ionizado en la cámara de medición.

Nivel de sensibilidad: se expresa en voltios. Suele actuar alrededor de los 3 V.

Fenómenos perturbadores: el humo, el polvo o aerosoles similares, consecuencia de la actividad ejercida, pueden ser causa de alarmas intempestivas.

Condiciones ambientales: el aumento de la temperatura ambiente provoca una disminución de la sensibilidad. Normalmente, pueden ser utilizados entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, siempre que el certificado de aprobación no fije expresamente otra temperatura. Al aumentar la presión atmosférica (menor altura), la sensibilidad disminuye. Los detectores pueden utilizarse hasta una velocidad del aire de 5 m/s a no ser que el certificado de aprobación indi-

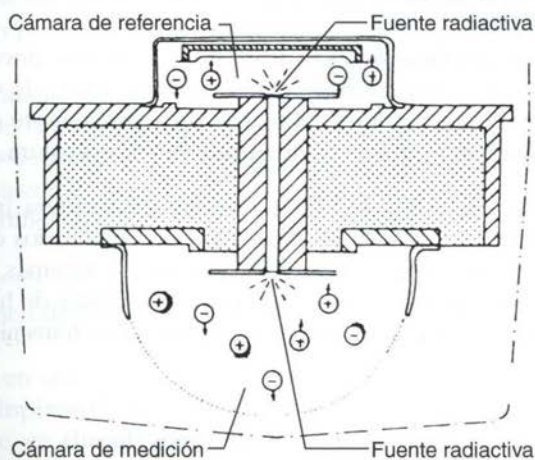


Figura 10. Detector iónico.

que un valor mayor. El aumento de la tensión de alimentación implica un aumento, relativamente pequeño, del nivel de sensibilidad.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993) obliga a que estos detectores estén certificados conforme a la Norma UNE 23-007/7-1993: «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Parte 7. Detectores puntuales de humos. Detectores que funcionan según el principio de difusión o transmisión de la luz o de ionización».

Detector óptico de humos por oscurecimiento (puntual)

Consiste en una cámara, con una fuente luminosa que proyecta un haz sobre un dispositivo fotosensible. Cuando el humo penetra en el interior de la cámara, disminuye la intensidad luminosa en el receptor. Al alcanzar un cierto nivel de oscurecimiento la alarma se activa.

Fenómeno detectado: el oscurecimiento producido por el humo.

Nivel de sensibilidad: se expresa en tanto por ciento por metro lineal. El umbral de funcionamiento típico es del 5 al 15 %/m.

Fenómenos perturbadores: el humo, el polvo o aerosoles similares, consecuencia de la actividad ejercida, pueden ser causa de alarmas intempestivas. La luz ambiental puede incidir directamente en el dispositivo fotosensible, y puede provocar falsas alarmas u ocasionar una reducción en la sensibilidad.

Condiciones ambientales: los detectores de humos pueden utilizarse para temperaturas comprendidas entre -20 °C y 50 °C; la velocidad del aire deberá ser inferior a 5 m/s. En ambos casos, siempre que el certificado de aprobación no fije expresamente otra temperatura.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993) obliga a que estos detectores estén certificados conforme a la Norma UNE 23-007/7-1993: «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Parte 7. Detectores puntuales de humos. Detectores que funcionan según el principio de difusión o transmisión de la luz o de ionización».

Detector óptico de humos por oscurecimiento (lineal)

Consta de dos partes separadas: en una de ellas se ubica una fuente luminosa, con un sistema de colimación del haz de luz y, en la otra, un

dispositivo fotosensible. Cuando las partículas de humo penetran en el haz, disminuye la intensidad luminosa en el receptor. La alarma se activa al alcanzar un cierto nivel de oscurecimiento. Se emplea para protección de grandes espacios abiertos (hasta 100 m de distancia).

Fenómeno detectado: el oscurecimiento producido por el humo.

Nivel de sensibilidad: se expresa en tanto por ciento por metro lineal, y se especifican los metros de separación entre el emisor y el receptor. Los valores típicos de funcionamiento son 4 %/m a 10 metros o 1 %/m a 40 m.

Fenómenos perturbadores: el humo, el polvo o aerosoles similares, consecuencia de la actividad ejercida, pueden ser causa de alarmas intempestivas. Las vibraciones pueden afectar a este tipo de detectores, por lo que es conveniente colocarlos sobre elementos de construcción o aportar una prueba de aptitud del detector cuando vayan montados sobre máquinas.

La luz ambiental puede incidir directamente en el dispositivo fotosensible, y puede provocar falsas alarmas u ocasionar una reducción en la sensibilidad.

Condiciones ambientales: la temperatura, la presión y la humedad del aire no influyen en la sensibilidad, ni las corrientes de aire. Sin embargo, la luz ambiental tiene una influencia muy importante, porque puede llegar a «deslumbrar» a la célula y provocar serias deficiencias de funcionamiento, tanto por alarmas intempestivas como por reducción de la sensibilidad.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993) no contempla estos detectores para uso general, por lo que en todo caso, es de aplicación el artículo 9 (equipos únicos para instalaciones específicas) mientras no sean objeto de norma y, por tanto, no puedan ser objeto de certificación.

Detector óptico de humos por difusión

Consiste en una cámara con una fuente luminosa y un dispositivo fotosensible, dispuestos de tal forma que los rayos luminosos no inciden, normalmente, en el segundo.

Cuando las partículas de humo entran en la luz, ésta se dispersa sobre el dispositivo fotosensible y provoca la respuesta del detector (figura 11).

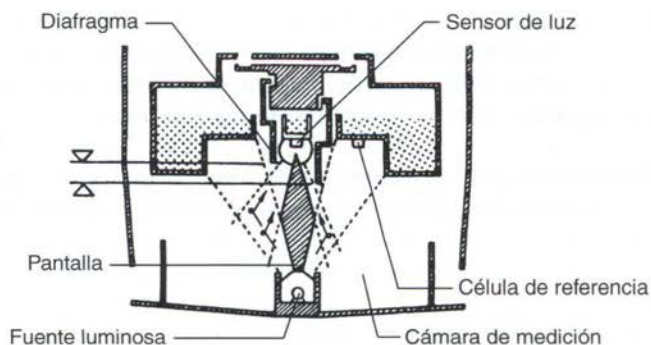


Figura 11. Detector de humos por difusión.

Fenómeno detectado: la luz dispersada por el humo.

Nivel de sensibilidad: la sensibilidad se mide en porcentaje de oscurecimiento equivalente, igual que los detectores por absorción. Como consecuencia, la medición de la sensibilidad depende del humo que se emplea en la calibración.

Fenómenos perturbadores: el polvo.

Condiciones ambientales: las corrientes del aire, la temperatura, la presión y la humedad del aire no influyen en la sensibilidad del detector. Sin embargo, la luz ambiental tiene una influencia muy importante, porque puede llegar a «deslumbrar» a la célula y provocar serias deficiencias de funcionamiento, tanto por falsas alarmas como por reducción de la sensibilidad.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993) obliga a que estos detectores estén certificados conforme a la Norma UNE 23-007/7-1993: «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Parte 7. Detectores puntuales de humos. Detectores que funcionan según el principio de difusión o transmisión de la luz o de ionización».

Detector de radiación infrarroja

Consiste en una cámara que dispone de un sistema de filtro y lentes que se emplea para apantallar longitudes de onda indeseables y localizar la energía incidente en una célula fotovoltaica o fotorresistiva sensible a la

radiación infrarroja. Cuando la célula recibe una radiación mayor al nivel prefijado, la alarma se activa.

Fenómeno detectado: la radiación infrarroja.

Nivel de sensibilidad: detecta el parpadeo de la llama en una determinada banda de frecuencia. El nivel usual se encuentra entre 2 y 20 Hz.

Fenómenos perturbadores: la luz solar puede incidir, al ser reflejada, sobre el detector, y puede ser causa de alarmas intempestivas.

Condiciones ambientales: estos detectores pueden utilizarse para temperaturas comprendidas entre -20 °C y 50 °C.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993) no contempla estos detectores para uso general, por lo que en todo caso, es de aplicación el artículo 9 (equipos únicos para instalaciones específicas), mientras no sean objeto de norma y, por tanto, no puedan ser objeto de certificación.

Detector de radiación ultravioleta

Consiste en una cámara semejante a la del detector de radiación infrarroja, pero en éste la célula es sensible a las radiaciones ultravioletas.

Fenómeno detectado: la radiación ultravioleta.

Nivel de sensibilidad: el nivel de sensibilidad se mide por el margen de frecuencias que detecta y por la energía necesaria.

Fenómenos perturbadores: los rayos del sol directos o reflejados y las operaciones de soldadura y los equipos de rayos X y rayos gamma pueden producir alarmas intempestivas.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993) no contempla estos detectores para uso general, por lo que en todo caso, es de aplicación el artículo 9 (equipos únicos para instalaciones específicas) mientras no sean objeto de norma y, por tanto, no puedan ser objeto de certificación.

Detector de chispas

Consiste en un detector de radiación infrarroja de respuesta muy rápida y gran sensibilidad.

Se instala en canalizaciones y tuberías de transporte neumático. Se suele instalar en combinación con un sistema automático de extinción.

Detector termovelocimétrico

Consiste en una cámara con un mecanismo sensible a la velocidad de aumento de la temperatura. Cuando dicha velocidad excede de un cierto valor durante un tiempo determinado la alarma se activa.

El mecanismo sensible puede ser, entre otros, de los siguientes tipos:

- *Neumático*: consiste en un tubo o cámara con aire en su interior. Cuando el aire se calienta, aumenta la presión, y se ejerce una presión sobre un diafragma flexible que cierra un circuito y acciona la alarma. Para impedir falsas alarmas producidas por incrementos de temperatura ambiente o disminuciones de la presión barométrica, estos detectores incorporan un pequeño orificio que libera estas sobrepresiones no instantáneas.
- *Eléctrico*: consiste en dos células sensibles a la temperatura; una se encuentra en contacto con el ambiente y la otra está en el interior de una carcasa. Estos dos elementos se hallan en equilibrio eléctrico. Cuando se produce un aumento brusco de la temperatura se provoca un desequilibrio en este puente de células y se acciona la alarma.

Existen otros detectores basados en un semiconductor sensible a la temperatura, de forma que, cuando ésta aumenta con rapidez, se provoca una diferencia de potencial que permite activar la alarma.

Fenómeno detectado: la velocidad de aumento de temperatura.

Nivel de sensibilidad: se expresa en grados por minuto. El umbral de funcionamiento típico es 7 u 8 °C/min.

Fenómenos perturbadores: los incrementos bruscos de temperatura debidos a causas ajenas a un incendio, como aerotermos, calefacción, cocinas, hornos y techos sin aislamiento térmico, pueden producir alarmas intempestivas.

Condiciones ambientales: pueden utilizarse hasta temperaturas de -20 °C cuando se tenga la certeza de que no se cubrirán de hielo.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993) obliga a que estos detectores estén certificados conforme a la norma aplicable de las siguientes:

UNE 23-007/5-1990: «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Parte 5. Detectores de calor. Detectores puntuales que contienen un elemento estático».

UNE 23-007/6-1993: «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Parte 6. Detectores termovelocimétricos puntuales sin elemento estático».

UNE 23-007/8-1993: «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Parte 8. Detectores de calor con umbrales de temperatura elevada».

Detector termostático

Consiste en una cámara con un dispositivo termosensible que, al alcanzar una temperatura prefijada, activa la alarma.

Tiempo de retardo: es el tiempo transcurrido desde que el aire, que envuelve al elemento sensible, alcanza la temperatura de diseño hasta que el detector se activa. Es consecuencia de la inercia térmica de dicho dispositivo.

En función del elemento termosensible que utilicen, los detectores se pueden clasificar en:

- Elemento fusible: al alcanzar una cierta temperatura funde rápidamente. Después de funcionar ha de ser reemplazado.
- Dispositivo bimetálico: consiste en dos piezas metálicas con distintos coeficientes de dilatación. Cuando se calientan se produce una flexión hacia el metal de menor coeficiente, de tal forma que se cierra un circuito. Después de funcionar se autorrepone automáticamente sin necesidad de ser reemplazado.

Fenómeno detectado: una temperatura fija.

Nivel de sensibilidad: estos detectores funcionan a partir de 57 °C.

Fenómenos perturbadores: elevaciones de temperatura no procedentes de incendios, como el sol en techos sin aislamiento térmico, aerotermos, calefacción, cocinas, hornos, etc., pueden provocar alarmas impestivas.

Condiciones ambientales: la temperatura fija de activación debe ser de 10 a 35 °C superior a la temperatura máxima esperada en las cerca-

nías del detector. Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0 °C no deberán utilizarse únicamente termostáticos. Estos detectores pueden utilizarse hasta -20 °C cuando se tenga la certeza de que no se cubrirán de hielo.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993) obliga a que estos detectores estén certificados conforme a la norma aplicable de las siguientes:

UNE 23-007/5-1990: «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Parte 5. Detectores de calor. Detectores puntuales que contienen un elemento estático».

UNE 23-007/8-1993: «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Parte 8. Detectores de calor con umbrales de temperatura elevada».

Otros componentes

Zócalos

El zócalo es el elemento que asegura el anclaje mecánico y las conexiones eléctricas del detector. Dicho elemento permite efectuar las operaciones de mantenimiento con mayor seguridad y comodidad.

Los detectores se colocan en zócalos que aseguran su anclaje mecánico y su conexión a las líneas. De esta manera se consigue:

- a) Cambiar el tipo de detector sin modificación mecánica ni eléctrica de la instalación, de forma extremadamente simple y rápida.
- b) Añadir indicadores de acción externos, en caso de que el detector esté en lugar no visible (falso suelo, falso techo, locales cerrados, etc.).
- c) Facilitar el mantenimiento: sacar el detector sucio y sustituirlo por uno limpio es fácil y rápido.

Los *zócalos* pueden ser de tres tipos:

- Para locales secos.
- Para locales húmedos.
- Para zonas con peligro de explosión: zócalos EEx.

Líneas

Las líneas (elementos que conectan los zócalos, pulsadores y contactos a la central) se clasifican de las siguientes formas:

Según la *función que realiza* la línea:

- *Línea de control*. Línea que conecta la central con diferentes controles de acción (disparo de sistemas fijos de extinción, parada de aire acondicionado, cierre de puertas, etc.).
- *Línea de aviso*. Línea que conecta los detectores y pulsadores entre sí y con la central de señalización y control.

Según la *supervisión* de posibles averías en la línea:

- *Línea primaria o supervisada*. Línea de transmisión eléctrica vigilada eléctricamente; es decir, aquella en la que la aparición de circuito abierto o cortocircuito se refleja inequívocamente en la central.
- *Línea secundaria o no supervisada*. Línea de transmisión eléctrica no vigilada eléctricamente.

Según el *tipo de cableado*

- *Línea en bucle*. Línea, normalmente de aviso, conectada y cableada de tal forma que una rotura de la misma no deja fuera de servicio ninguno de los aparatos conectados a la misma, ya que, al estar configurada en bucle cerrado, alimenta a los elementos desde ambos extremos de éste.
- *Línea abierta*. Línea conectada y cableada de tal forma que una rotura de la misma deja fuera de servicio los aparatos conectados desde la rotura hasta el final de dicha línea.

Según la *identificación de los elementos de la línea*

- *Línea de direccionamiento individual*. La dirección es un atributo correspondiente a cada elemento o grupos de elementos, que permite diferenciar este elemento o grupo de elementos de los del resto del sistema o zona. Las líneas de direccionamiento individual son aquellas que contienen distintos elementos, o grupos de elementos, que se identifican de forma diferenciada.

- *Línea de direccionamiento colectivo.* Es aquella en la que existe una sola identificación, común a todos los elementos que la integran, es decir, contiene un solo grupo o zona. Zona o grupo es un conjunto de detectores o pulsadores cuya señal de alarma, avería o estado (conectados, desconectados, en prueba, etc.) se refleja en la central de señalización y control de forma inequívoca y diferenciada de las de otras zonas o grupos.

Accesorios

En caso necesario deben haber accesorios para colocar en los detectores y zócalos, tales como:

- Rejillas de protección mecánica.
- Malla de blindaje contra perturbaciones electromagnéticas directas.
- Filtros electrónicos de protección contra las perturbaciones electromagnéticas que entran por las líneas de conexión y/o por el propio detector y zócalo.
- Placas de montaje para entrada de tubos metálicos.
- Placas de suspensión cuando el detector deba montarse separado del techo a una corta distancia. Por ejemplo, techos con alvéolos en que, por criterios de aplicación, el detector no deba estar en las vigas, sino en el centro de alvéolos y suspendido a una altura de la viga, o bien en el caso de colchón térmico por techo no aislado.
- Señal acústica añadible al zócalo.

Concepción de los sistemas. Centrales

La fiabilidad y operatividad de los sistemas de detección de incendios dependen, por un lado, de la calidad de sus componentes, pero, como todo sistema, también dependen en gran medida de la articulación de sus elementos y de la aplicación al fin propuesto: en este caso, la protección de uno o varios riesgos. Si los aparatos que componen un sistema de detección están mal aplicados al riesgo forman un sistema de detección poco o incluso nada fiable, por buena que pueda ser su calidad como aparatos.

Amplitud de la protección

En primer lugar, se debe determinar si se protege todo el riesgo (protección total), sólo un sector de incendio (protección total por sector), o parcialmente un sector (protección parcial).

La decisión sobre la amplitud es siempre económica. Siempre es mejor la protección más amplia, pero el presupuesto disponible a menudo no es suficiente para efectuar una protección total.

En principio, la protección debe abarcar la totalidad de los sectores de incendio en los que esté implantada (protección total por sector).

A excepción de los casos mencionados más adelante, todos los espacios deben estar completamente vigilados.

Se *deberán vigilar*, entre otros, los siguientes:

- Los creados en un local por estanterías u otro tipo de pantallas distantes del techo menos de 300 mm.
- Los ocultos por encima de los falsos techos y por debajo de los falsos suelos.
- Los huecos del ascensor, los conductos verticales en general, así como los patios interiores cubiertos.
- Los conductos de cables horizontales y verticales.
- Las instalaciones de cimentación, de aireación y de ventilación.
- Las conducciones horizontales de transporte de materias primas y de desechos, así como sus colectores.
- Los locales e instalaciones anexos.

Pueden ser *excluidos* de la protección:

- Los locales sanitarios, como lavabos, si en ellos no se depositan productos o desechos combustibles, salvo las entradas comunes a los locales sanitarios.
- Los conductos de cables horizontales y verticales con una sección promedio de 0,2 m², siempre que los pasos de techo y muros estén obturados con prensaestopas.
- Los refugios antiaéreos que no se utilizan para otros fines en tiempo de paz.
- Los andenes de carga desprovistos de cubierta.
- Los locales protegidos por una instalación de rociadores automáticos, si el diseño del sistema no lo requiere.
- Los espacios ocultos por encima de los falsos techos o por debajo de los falsos suelos cuando:

- a) No contengan materiales combustibles, a excepción de un pequeño número de cables, y estén limitados exteriormente por elementos incombustibles.
 - b) Su altura sea inferior a 0,8 m y estén compartimentados mediante materiales incombustibles, en superficies de menos de 10 m de largo y menos de 10 m de ancho.
- Otros locales pequeños si se justifica adecuadamente ante los organismos de control de los aseguradores o de la Administración, en su caso, que no se compromete la seguridad contra incendios.

En locales o zonas que el Reglamento de Baja Tensión clasifica como zonas con peligro de explosión, el material eléctrico debe estar certificado y marcado Eex. Los detectores, zócalos, indicadores de acción y pulsadores manuales que se instalen deben estar contruidos, probados y marcados para esta aplicación.

Elección de la variante

La decisión sobre la variante es en gran parte subjetiva y, por tanto, depende fuertemente de la experiencia y competencia de la persona u organización que la efectúa. A menudo existen varias alternativas aceptables, cada una de ellas con sus ventajas e inconvenientes. Variantes diferentes dan lugar a sistemas muy diferentes y muy difíciles de comparar con la «tabla de comparación» usual, que es demasiado esquemática. Al tomar la decisión sobre la variante elegida, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El desarrollo actual de la tecnología de detección de incendios hace que existan siempre variantes muy diversas.
- El conocimiento de las ventajas y desventajas para cada variante son una ayuda a la decisión mejor que una «tabla de comparación» única que de forma inevitable tiende a favorecer una de las alternativas.
- Detectores. La aplicación de los detectores al riesgo se concreta en:
 - a) Elección del tipo de detector (en caso de detectores algorítmicos, también elección del algoritmo; en caso de variante de aspiración o activa, también elección de conductos y superficies de aspiración).

Tabla 1
APLICACIONES DE ACUERDO CON LA NORMA BÁSICA
DE LA EDIFICACIÓN NBE CPI-95

USO	Exigible detección y alarma	TIPO	Zonas que se van a proteger con detectores	Especificaciones Instalación (art. NBE)
Vivienda	Si la altura de evacuación es >50 m	Humo Humo Humo	— Pasillos, escaleras y espacios comunes de circulación — Zona de trasteros si >50 m ² — Zonas de servicio a las viviendas: salas de reunión, de juegos de deportes, etc.	V.20.4.b)
Residencial	Si la superficie total construida es >500 m ²	Humo (1)	— Habitaciones — Locales de riesgo especial	R.20.4
Hospitalario	Siempre	Humo (1)	— Zonas de hospitalización — Locales de riesgo especial	H.20.4
Administrativo y comercial	Si la superficie total construida es >2.000 m ²	(2)	— Locales y zonas de riesgo alto	A.20.4
Docente	Si la superficie total construida es >5.000 m ²	(1)	— Locales de riesgo alto	D.20.4
Aparcamiento	Si la superficie total construida es >500 m ²	(3)	—	—
Recintos de densidad elevada	Si la ocupación es mayor de 500 personas	(3)	—	—

(1) Adecuados a las clases de fuego previsibles.

(2) Térmicos o de humo, según la clase de fuego previsible.

(3) No se especifica.

- b) Cantidad de detectores.
- c) Emplazamiento de los detectores.
- d) Agrupación en zonas de los detectores, pulsadores y contactos.

La elección del tipo de detector adecuado, así como de la cantidad, emplazamiento y agrupación, se determinará considerando el desarrollo probable del incendio en sus fases iniciales, las características del local (tamaño, altura, forma del techo y de la cubierta, etc.), los sectores de incendio (tamaño, ocupación y actividad), las condiciones ambientales y los posibles fenómenos perturbadores en las zonas que se van a vigilar.

Cuando los detectores son de tipo algorítmico cada detector debe ser cargado con el algoritmo apropiado al riesgo que protege. Cuando los detectores son del tipo umbral, la tabla 2 muestra algunas características que hay que tener en cuenta en la selección del tipo de detector.

— Líneas. La aplicación de las líneas al riesgo se concreta en:

- a) Líneas abiertas o en bucle cerrado.
- b) Cantidad de detectores en cada línea.
- c) Longitud de cada línea.
- d) Compatibilidad electromagnética.

— Central. Los *datos* necesarios para aplicar la central son:

1) Datos del riesgo:

- Superficie total.
- Compartimentación.
- Heterogeneidad.
- Cambios con el tiempo.

2) Datos del equipamiento:

- Longitud de las líneas.
- Cantidad de detectores.

Tabla 2
SELECCIÓN DE DETECTORES DE UMBRAL

Tipo de detector		Desarrollo del incendio		Altura del local (m)					Temp. amb. (°C)		Velocidad aire (m/s)		Vibraciones	Humo, polvo y aerosoles	Radiación óptica	
									TA	+TA						
		Lento	Rápido	4,5	6	7,5	12	20	<-20	<50	<5	s/lim.				
Humos y gases de combustión	Iónico	A	A	A	A	A	A	NA		A		A		NA	NA	
	Óptico de oscurecimiento	A	A	A	A	A	A	NA		A		A		NA	NA	
	Óptico de dispersión	A	A	A	A	A	A	NA		A		A		NA	NA	
Radiación	Ultraviol.		A	A	A	A	A	A					A			NA
	Infrarrojo		A	A	A	A	A	A					A			NA
Temperatura	Estática		A								A		A			
	Velocidad		A						A (1)				A			
	Grado de respuesta 1			A	A	A	NA	NA								
	Grado de respuesta 2			A	A	NA	NA	NA								
	Grado de respuesta 3			A	NA	NA	NA	NA								

(1) Cuando el fabricante certifique su funcionamiento.

A: Apropiado.

NA: No apropiado.

- Efectos perturbadores.
- Locales con peligro de explosión.
- Extinciones, mandos, etc.
- Fallos de la red eléctrica.

3) Datos de las personas:

- Cantidad.
- Fiabilidad.
- Permanencia.

La *aplicación* se plasma en:

1) Número de zonas en función de:

- Superficie del riesgo.
- Compartimentación.
- Heterogeneidad.

2) Utilización o no de zonas en doble detección, desconexión en día, etc., en función de:

- Efectos perturbadores.
- Extinciones u otros mandos accionados por el sistema, con sus posibles consecuencias.

3) Tipos de líneas:

Individuales o colectivas, según la previsión de cambios en el riesgo (las individuales son mucho más adaptables a los cambios).

Clase A, según la longitud y la cantidad de detectores en las líneas.

Líneas Ex, si hay locales con peligro de explosión.

4) Plan de alarma, que depende de los datos:

- Superficie del riesgo.
- Compartimentación.
- Heterogeneidad.
- Permanencia del personal.
- Cantidad de personas.

- Fiabilidad del personal.
 - Situación del puesto de bomberos más próximo.
- 5) Plan de mandos, que depende de los datos:
- Comando de extinciones automáticas.
 - Comando de sistemas de ventilación.
 - Comando de exutorios de humos.
 - Comando de puertas cortafuegos.
 - Comando de paro de maquinaria.
 - Permanencia y calificación del personal.
- 6) Número de niveles de acceso, que depende de los datos:
- Cantidad de personas.
 - Calificación del personal.
- 7) Asignación de atribuciones, que depende de la fiabilidad de las personas.
- 8) Capacidad de las baterías y duración de la recarga de la alimentación de emergencia, que depende de los fallos de la red eléctrica.

Instalación de los sistemas

Montaje

El montaje debe seguir un proyecto detallado hasta un detalle proporcionado con la complejidad de la obra. Este proyecto debe incluir como mínimo:

- Un esquema del conjunto de la protección.
- Planos de situación de los equipos.

Cuando contractualmente se requiera, el suministro e instalación del sistema deben estar acompañados de un plan de calidad que incluya como mínimo:

- Calificación de la calidad de los proveedores.
- Control de los materiales que incluye a los criterios de aceptación.

- Control de la obra terminada.
 - Tratamiento de las desviaciones.
 - Calendario y plan de entregas.
-
- Tendido de líneas. El tendido de líneas debe efectuarse:
 - Mediante líneas separadas de otras líneas con tensiones o intensidades elevadas.
 - Con el tipo de cables (resistencia, capacidad, aislamiento) según las especificaciones del fabricante de los aparatos.
 - Con tan pocas conexiones intermedias como sea posible.
 - Resistente a las condiciones ambientales (humedad, vibraciones, etc.).
 - Resistente a las perturbaciones electromagnéticas.
 - De calidad Ex en los locales con peligro de explosión.
-
- Montaje de los detectores. Los zócalos deben montarse en los emplazamientos indicados en el proyecto, ya que su situación es básica para una detección correcta. El indicador de acción debe ser visible desde el lugar donde llegará el vigilante o los bomberos.

El montaje se efectuará con material y accesorios adecuados a las condiciones ambientales.
-
- Montaje de la central. Se montará en un lugar con acometida de la red, que no se corte por la noche, fines de semana, etc., junto a las baterías de socorro y protegida contra perturbaciones electromagnéticas.

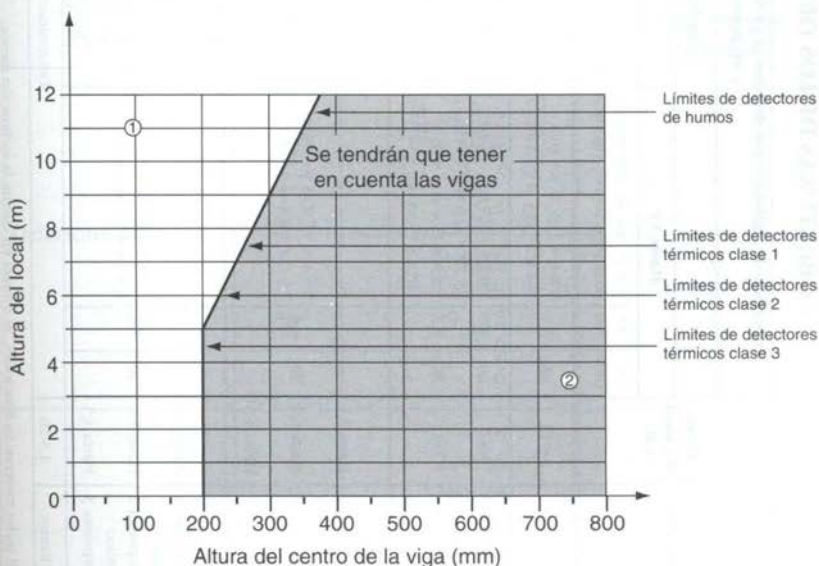
Los terminales de mando se montarán de una manera que sean accesibles a una manipulación cómoda de las personas encargadas.
-
- Comprobaciones. En el montaje debe comprobarse la continuidad y el aislamiento de las líneas, la polaridad de los zócalos y la alimentación de la central.

Superficie de vigilancia y distancia entre detectores

El número de detectores debe determinarse de manera que la superficie vigilada por cada detector no sobrepase los valores «A» indicados en la tabla 3.

Los detectores deberán distribuirse de forma que la distancia entre el detector y el punto más cercano del techo o de la cubierta que esté en su mismo plano horizontal nunca sea superior a los valores «D» indicados en la tabla 3.

- *Distribución de los detectores en techos con vigas.* En el caso de techos con vigas, deberá considerarse la altura del local y el canto de dichas vigas para determinar la implantación adecuada de los detectores. En la figura 12 se muestra una relación de estos parámetros.



1. No es necesario considerar la existencia de vigas en el techo.
2. Se deberán tener en cuenta las vigas. Se instalarán detectores en los alvéolos.

Figura 12. Distribución de detectores en techos con vigas.

Tabla 3
COBERTURAS DE LOS DETECTORES

Superficie del local (m ²)	Tipo de detector	Altura del local (m)	Superficie de vigilancia por detector (A) y distancia horizontal máxima entre el detector de incendios y un punto cualquiera de techo (D)								
			Inclinación del techo (1)								
			Hasta 15°			> 15-30°			> 30°		
			A (m ²)	D (m)	x e y son las dimensiones de la superficie de vigilancia	A (m ²)	D (m)		A (m ²)	D (m)	
≤ 80	Detector de humos	≤ 12	80	6,7	$9 \leq x < 11,4 \Rightarrow y = 80/x$ $11,4 \leq x < 13,4 \Rightarrow y = \sqrt{180 - x^2}$	80	7,2	$9 \leq x < 13 \Rightarrow y = 80/x$ $13 \leq x < 14,4 \Rightarrow y = \sqrt{207 - x^2}$	80	8,0	$9 \leq x < 15,1 \Rightarrow y = 80/x$ $15,1 \leq x < 16 \Rightarrow y = \sqrt{256 - x^2}$
> 80	Detector de humos	≤ 6	60	5,8	$7,8 \leq x < 9,9 \Rightarrow y = 60/x$ $9,9 \leq x < 11,6 \Rightarrow y = \sqrt{135 - x^2}$	80	7,2	$9 \leq x < 13 \Rightarrow y = 80/x$ $13 \leq x < 14,4 \Rightarrow y = \sqrt{207 - x^2}$	100	9,0	$10 \leq x < 17 \Rightarrow y = 100/x$ $17 \leq x < 18 \Rightarrow y = \sqrt{324 - x^2}$
	Detector de humos	6-12	80	6,7	$9 \leq x < 11,4 \Rightarrow y = 80/x$ $11,4 \leq x < 13,4 \Rightarrow y = \sqrt{180 - x^2}$	100	8,0	$10 \leq x < 14,4 \Rightarrow y = 100/x$ $14,4 \leq x < 16 \Rightarrow y = \sqrt{256 - x^2}$	120	9,9	$11 \leq x < 18,7 \Rightarrow y = 120/x$ $18,7 \leq x < 19,8 \Rightarrow y = \sqrt{392 - x^2}$
≤ 30	Detector térmico Grado de respuesta 1	Hasta 7,5	30	4,4	$5,5 \leq x < 7,9 \Rightarrow y = 30/x$ $7,9 \leq x < 8,8 \Rightarrow y = \sqrt{77 - x^2}$	30	4,9	$5,5 \leq x < 9,3 \Rightarrow y = 30/x$ $9,3 \leq x < 9,8 \Rightarrow y = \sqrt{96 - x^2}$	30	5,5	$5,5 \leq x < 10,6 \Rightarrow y = 30/x$ $10,6 \leq x < 11 \Rightarrow y = \sqrt{121 - x^2}$
	Detector térmico Grado de respuesta 2	Hasta 6,0									
	Detector térmico Grado de respuesta 3	Hasta 4,5									
> 30	Detector térmico Grado de respuesta 1	Hasta 7,5	20	3,6	$5,5 \leq x < 6,5 \Rightarrow y = 20/x$ $6,5 \leq x < 7,2 \Rightarrow y = \sqrt{52 - x^2}$	30	4,9	$5,5 \leq x < 9,3 \Rightarrow y = 30/x$ $9,3 \leq x < 9,8 \Rightarrow y = \sqrt{96 - x^2}$	40	6,3	$6,4 \leq x < 12,1 \Rightarrow y = 40/x$ $12,1 \leq x < 12,6 \Rightarrow y = \sqrt{159 - x^2}$
	Detector térmico Grado de respuesta 2	Hasta 6,0									
	Detector térmico Grado de respuesta 3	Hasta 4,5									
	Detector de llamas	1,5-20	Determinación en cada caso individual								

(1) Si la cubierta y/o el techo tuvieran inclinaciones, se tomará en cuenta la inclinación menor.

Si de acuerdo con la figura 12 es necesario considerar las vigas y la superficie del alvéolo es igual o mayor a $0,6 \times A$ (siendo A la superficie máxima de vigilancia por detector determinado en la tabla 4), será necesario instalar un detector en cada alvéolo. Si los alvéolos fueran inferiores a $0,6 \times A$, la distribución de detectores se haría de acuerdo con la tabla 4.

En el caso de que la superficie de los alvéolos sea superior a la superficie máxima de vigilancia se considerará un local independiente y se cubrirá de acuerdo con la tabla 3.

Si el canto de la viga es superior a 800 mm, es necesario instalar al menos un detector en cada alvéolo.

Tabla 4
DISTRIBUCIÓN DE DETECTORES EN TECHOS CON VIGAS

Superficie máxima de vigilancia (m ²)		Superficie del alvéolo (m ²)	Número de alvéolos vigilados por detector
Detectores térmicos	20	> 12 8 - 12 6 - 8 8 - 6 < 4	1 2 3 4 5
	30	> 18 12 - 18 9 - 12 6 - 9 < 6	1 2 3 4 5
Detectores de humos	20	> 36 24 - 36 18 - 24 12 - 18 <12	1 2 3 4 5
	30	> 48 32 - 48 24 - 32 16 - 24 < 16	1 2 3 4 5

Excepción: cuando la distancia entre la cubierta o techo y la parte superior de las vigas sea mayor de 150 cm, y la superficie libre entre las correas de la cubierta sea superior al 75 % del total de dicha superficie, puede no tomarse en consideración la existencia de vigas sin interesar el canto de las mismas.

- Distribución de los detectores en pasillos y alvéolos de techos estrechos. En pasillos y alvéolos estrechos cuya anchura sea inferior a 3 m podrán realizarse distribuciones distintas a las indicadas en la tabla 3, de forma que la distancia entre detectores «a» podrá ser de 10 m en detectores térmicos y hasta 15 m para detectores de humos. No obstante, si los valores indicados por la tabla son superiores, pueden ser utilizados.

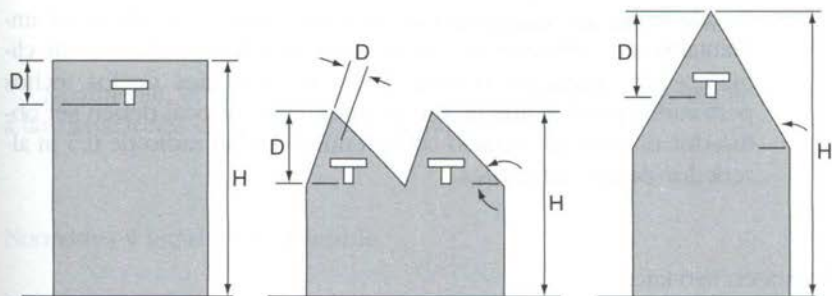
La distancia entre el detector y el paramento de las paredes del pasillo o alvéolos no superará la dimensión de $a/2$ (siendo «a» la determinada anteriormente).

En el caso de que dos vigas se encuentren en una distancia inferior a 1 m se considerará como un solo elemento.

- Distancia de los detectores a las paredes. Las distancias entre los detectores y los muros no deben ser inferiores a 0,5 m a excepción de los pasillos, conductos y partes del edificio similares de menos de 1 m de ancho. Si existen vigas o, por ejemplo, conductos de climatización bajo el techo cuya distancia al mismo sea inferior a 15 cm, la distancia lateral entre los detectores y estos elementos de construcción debe ser también al menos de 0,5 m.
- Distancia entre los detectores y materiales almacenados o equipos. La distancia horizontal y vertical entre los detectores y los equipos o materiales almacenados no será inferior a 0,5 m en ningún sitio.
- Distancia entre los detectores y el techo o cubierta. Los detectores térmicos se instalan en el techo. La distancia entre los detectores de humos y el techo dependerá de la forma y de la altura del techo. En la tabla 5 se indica cuál es el intervalo de distancias adecuado para la colocación de estos tipos de detectores.

La distancia entre los detectores de llamas y el techo se determinará en cada caso particular.

- Distribución de los detectores en techos con formas especiales. En locales con cubierta en pendiente de inclinación superior a 15° , en los que la cara interior de la cubierta constituya al mismo tiempo el techo, se deberá implantar una fila de detectores en el plano vertical que pase por la cumbre o parte más alta del local, como se muestra en la figura 13.



H: Altura del local

D: Distancia entre el elemento sensible y el techo o cubierta (tabla 5)

Figura 13. Detectores de humo en techos de formas especiales.

Tabla 5
DISTANCIAS AL TECHO PARA DETECTORES DE HUMO

Altura del local (m)	Distancia entre el elemento sensible al humo y el techo o cubierta (mm)					
	Inclinación del techo					
	$< 15^\circ$		$15 < \alpha < 30^\circ$		$> 30^\circ$	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
4-6	30	200	200	300	300	400
6-8	70	250	250	400	400	600
8-10	100	300	300	500	500	700
10-12	150	350	350	600	600	800

La distancia entre los detectores de llamas y el techo se determinará en cada caso particular.

En locales con cubierta en diente de sierra, cada diente será equipado con una fila de detectores implantados en la coronación. Esta fila debe estar situada en el lado de la cubierta que tenga la pendiente menor, a una distancia horizontal del plano vertical que pasa por la cumbrera tal que cumpla las condiciones de la tabla 5.

- Instalaciones de climatización. Los detectores no deben ser implantados en corrientes de aire procedentes de instalaciones de climatización, aireación o ventilación. Los orificios de los techos perforados por los que el aire es impulsado al local deben ser obturados en todo el espacio comprendido en un radio de 0,5 m alrededor de los detectores.

Puesta en servicio

La puesta en servicio de los sistemas de detección de incendios comprende las siguientes operaciones:

Central de señalización y mando: programación de la electrónica, introducción de los textos del usuario, bien en pantalla, bien en los rótulos escritos de identificación.

Líneas de detección: comprobación del buen funcionamiento de todos los detectores, pulsadores y contactos. Funcionamiento de la señalización de zonas, indicadores de acción, etc.

Detectores de umbral: ajuste de la sensibilidad, retardo, entrada de humos, etc.

Detectores algorítmicos: carga del algoritmo correspondiente en cada detector.

Personal: identificación de atribuciones, documentación del usuario, entrenamiento práctico.

Mantenimiento

Los sistemas deben mantenerse de forma que se asegure el nivel de calidad alcanzado en la puesta en servicio. Esto incluye:

- Pruebas periódicas con simuladores (aerosoles para los detectores de humos, lámparas simuladoras de llamas, calentadores para detectores térmicos).
- Limpieza periódica tanto de la carcasa como de la electrónica. En el caso de detectores iónicos, al contener una fuente de ionización radiactiva, el procedimiento y la instalación de limpieza deben estar autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear.
- Calibración de los detectores después de la limpieza, con el equipo de calibración adecuado y convenientemente controlado.

Finalmente, el mantenimiento debe asegurar que el sistema se adapta a las variaciones del riesgo con el tiempo.

Normativa y legislación aplicable

Normas

UNE 23 007 (EN 54): Serie de 14 normas sobre los componentes de los sistemas de detección automática de incendios. Se refiere a los equipos y sus características. No se refiere a su aplicación al riesgo.

UNE 20 324 (CEI 524): Clasificación de los grados de protección proporcionados por las envolturas. Esta clasificación es de la forma IPXY, donde X es un número que indica la protección contra la entrada de cuerpos extraños en la envoltura, e Y indica la protección contra la entrada de agua.

UNE 21 818 (EN 50): Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. UNE 21 818 se refiere a materiales antideflagrantes, UNE 21 819 a materiales con seguridad aumentada, UNE 21 820 a materiales con seguridad intrínseca.

UNE 20 675 (DIN 40040): Clasificación de las condiciones ambientales de funcionamiento: temperatura límite inferior, temperatura límite superior, humedad relativa.

CEI 801: Compatibilidad electromagnética. Es una de las pruebas requeridas por la EN 54 (UNE 23 007). La compatibilidad electromagnética es el objeto de la directiva europea 89/336/CEE (BOE núm. 78 de 1 de abril de 1994).

UNE 23 032 (ISO 6790): Símbolos de detección de incendios en los planos.

Legislación

Norma Básica de la Edificación NBE-CPI/95. En su capítulo 5 (artículos 20-22) trata de las instalaciones de protección contra incendios. Aplicable a edificios pero no a establecimientos industriales.

Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI). Se refiere a los siguientes aspectos:

- Empresas instaladoras o mantenedoras.
- Equipos instalados.
- Mantenimiento.

MEDIOS MANUALES DE EXTINCIÓN

Extintores

El extintor se define como un «aparato que contiene un agente extintor que puede ser proyectado y dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna. Esta presión puede obtenerse por una compresión previa permanente, por una reacción química o por la liberación de un gas auxiliar».

A la vista de tal definición pueden considerarse como «extintor» desde un sifón, pasando por un neumático hinchado con nitrógeno, hasta un depósito de dióxido de carbono provisto de una manguera. Sin embargo, la reglamentación y normativa restringen y distribuyen la aparentemente infinita familia de los extintores al hacer que tal nombre sea únicamente aplicable a aquellos aparatos que cumplen ciertas condiciones de seguridad, efectividad y homogeneidad.

Y ya que estamos con la aplicación propia del nombre «extintor», es bueno recordar que dicha palabra es la que puede garantizar —aunque no sea en todos los casos— la seguridad, efectividad y homogeneidad de dichos aparatos. Expresiones como «inhibidor de llamas», «aparato contra-fuego», «apagador de fuegos» o similares esconden la no sujeción a los requisitos exigibles a los extintores y pueden esconder con mayor facilidad un engaño con relación a lo que el usuario pretende adquirir.

Así pues, un extintor es, en primer lugar, un aparato a presión. Como tal, está sujeto a reglamentación: a saber, el Reglamento de Aparatos a Presión, del Ministerio de Industria, y específicamente la Instrucción Técnica complementaria MIE AP5, reglamentación que actualmente tienen

que cumplir todos los extintores. En un futuro serán disposiciones de la Unión Europea las que regulen este campo.

La ITC-MIE AP5 restringe el uso de la denominación «extintor» a partir de la definición antes indicada de la siguiente forma:

- Sólo es aplicable a aquellos que tienen carga de polvo o halón no superior a 100 kg, de agua o espuma (espumante) no superior a 100 l o de anhídrido carbónico no superior a 10 kg.
- Los materiales admitidos para la construcción de los recipientes serán: acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones especiales de aluminio. Para utilizar otros materiales se precisa autorización especial. No se admiten botellas soldadas para presiones de prueba superiores a 60 bar.
- Se requiere un cálculo de acuerdo con códigos de diseño internacionalmente reconocidos, o con las normas UNE (EN, en su caso) aplicables.
- Indica ciertas características que afectan al fabricante, importador y recargador, a los propios componentes del equipo y a las pruebas a que los recipientes deben someterse. Además, cita las normas UNE (EN) de obligado cumplimiento (en su campo de aplicación correspondiente).

De esta forma ya tenemos delimitado el campo efectivo de los extintores de incendios, que a su vez se pueden clasificar de diversas formas.

Clases de extintores

Según su forma de transporte y uso

En función de la forma de transportar y utilizar los extintores, éstos se dividen en las siguientes clases:

a) *Extintores fijos*: el recipiente que contiene el agente extintor tiene ubicación fija, puede ser accionado de forma automática, manual o ambas, y la proyección puede realizarse de forma fija o móvil. A esta clase pertenecen los recipientes de polvo o halón con sprinkler (extintores automáticos), los sistemas fijos de polvo o halón de menos de 100 kg, las botellas fijas de CO₂ de 10 kg con manguera manual, etc.

A efectos de selección, diseño, uso y mantenimiento se consideran sistemas fijos contra incendios y no se tratan en el apartado de extintores.

b) *Extintores móviles*: el recipiente que contiene el agente extintor se desplaza para ser utilizado manualmente contra el fuego. Si la masa total del extintor es inferior o igual a 20 kg y el aparato está concebido para ser transportado a mano, se denomina «extintor portátil».

La mayoría del resto de los extintores móviles son transportados en un armazón provisto de ruedas y reciben el nombre de «carros».

Según el agente extintor

a) *Extintores de agua*. A este grupo pertenecen de forma preferente los extintores hídricos (*water based*) que no contienen aditivos espumógenos. El agente extintor es agua, sola o mezclada con antioxidantes, espesantes, anticongelantes, etc. El agente extintor puede proyectarse a chorro o pulverizado, y es esto último lo más habitual. En algunos casos, la boquilla de descarga tiene la posibilidad de regular la forma de proyección. En general, dicha posibilidad es poco recomendable, salvo que se esté seguro de que vaya a ser manejado por personal muy familiarizado con dicha boquilla. Es de notar que los ensayos de eficacia se deben realizar con la boquilla en la posición más desfavorable, por lo que si aquélla tiene la posición de cierre (independientemente del elemento de control de proyección), el extintor se considera que no tiene ninguna eficacia.

Los extintores de agua son efectivos frente a fuegos de clase A (alcanzan eficacias de 8A-13A habitualmente para una carga de 9 l), no efectivos frente a fuegos B y C y peligrosos frente a fuegos de metales (clase D). No deben usarse sobre equipos bajo tensión eléctrica, salvo que hayan sido aprobados mediante la superación del ensayo dieléctrico, en cuyo caso no representan peligro para el operador (no se puede afirmar lo mismo para el equipo, por lo que, si éste no está ardiendo, proyectar sobre él significa daño innecesario), siempre que la proyección se realice desde una cierta distancia (1 m aproximadamente) y la tensión del equipo sea la habitual en edificios o industrias (220/380 V). La prueba dieléctrica se realiza a 35 KV desde un metro de distancia, pero es conveniente tomar precauciones frente a las posibles variaciones en calidad del agua, atasco en la proyección, etc.

La temperatura de utilización de los extintores de agua cubre habitualmente el intervalo +5/+60 °C. No obstante, si el extintor y el agente están preparados para ello (anticongelante, por ejemplo) pueden ampliar dicho intervalo por la parte inferior del mismo.

Las cargas nominales para extintores portátiles de agua son 6 y 9 litros. Se pueden encontrar extintores móviles de 25, 50 y 100 l. El recipiente debe estar protegido internamente contra corrosiones. El dispositivo eyector (tubo, válvula, manguera y boquilla) debe estar dotado de un filtro que cumpla ciertas características de tamaño, ubicación y construcción.

b) *Extintores de agua con aditivos y extintores de espuma.* Reciben estos nombres los extintores hídricos que contienen, entre otros posibles aditivos, concentrados espumógenos para lucha contra incendios. De esta forma, son también eficaces frente a fuegos de clase B (pueden alcanzar eficacias entre 34B y 144B, e incluso mayores para cargas de 9 litros).

La diferencia entre los extintores de «agua con aditivos» y de «espuma» estriba en la boquilla de proyección. Los primeros poseen boquilla pulverizadora sin toma de aire, por lo que la espuma se forma durante el camino de la proyección. Los segundos poseen boquilla generadora de espuma, con inyección de aire por Venturi, con lo que la espuma sale ya formada desde la boquilla y se muestra más consistente.

Las características de utilización y sus peligros son similares a los de los «extintores de agua».

c) *Extintores de polvo.* Son extintores cuyo agente es un sólido pulverulento (cuyas partículas se encuentran mayoritariamente en el rango de diámetros de 50 a 250 micras) lo suficientemente fluido para poder ser descargado.

El polvo extintor puede ser del tipo BC (eficaz para fuegos de clases B y C), cuyo componente activo puede ser bicarbonato sódico o potásico, cloruro potásico o bicarbonato de urea-potasio, del tipo ABC (eficaz para fuegos de Clases A, B y C), cuyo componente activo suele ser monofosfato amónico, y del tipo D (para fuegos de metales) de variadas composiciones.

Los extintores de polvo tienen altas eficacias: un aparato de 6 kg de carga puede alcanzar valores desde (13A)-89B hasta (34A)-233B, e incluso con algunos tipos de polvo BC se pueden alcanzar eficacias 233B con menos de 3 kg de carga. Pueden utilizarse en presencia de la tensión eléctrica habitual en edificios e industrias. Su rango de temperaturas de utilización va desde -20 °C hasta 60 °C.

Las cargas nominales normalizadas para extintores portátiles son 1, 2, 3, 4, 6, 9 y 12 kg. Los tamaños habituales de carros son los de cargas nominales 25, 50 y (menos frecuente) 100 kg.

d) *Extintores de dióxido de carbono (nieve carbónica, CO₂)*. Se distinguen fácilmente del resto de los extintores por tener recipientes sin soldadura para alta presión, puesto que contienen dióxido de carbono licuado, así como por su peculiar difusor en forma de vaso o trompa y su dispositivo de alivio de presión (disco de rotura).

Los extintores de CO₂ son eficaces frente a fuegos de clase B y, en menor grado, de clase C. Pueden ser efectivos frente a fuegos de combustibles ordinarios (clase A) si éstos no han adquirido profundidad de brasa en su combustión. De todas formas su eficacia es baja: un extintor de 5 kg de carga puede tener una eficacia de 34B-C o 55B-C. No se considera que tenga eficacia A. Es el agente más limpio y el más dieléctrico, por lo que suele utilizarse para protección de tablas y motores eléctricos.

Los extintores de CO₂ pueden tener envase de acero o de aleaciones de aluminio. La diferencia de peso entre uno y otro recipiente es notable.

Las cargas nominales normalizadas para extintores portátiles son 2 y 5 kg, aunque existen también extintores de 3,5 kg. Los carros más comunes están compuestos por una o dos botellas de 10 kg de carga nominal. Su temperatura de funcionamiento abarca desde -20 °C hasta +60 °C, y es destacable una gran variación de presión en función de la temperatura, lo que ocasiona que a temperaturas cercanas a 60 °C el accionamiento de la válvula de control requiera una fuerza apreciable.

e) *Extintores de hidrocarburos halogenados (halones)*. Los extintores de halón son efectivos frente a fuegos de clases B y C, y tienen también cierta efectividad sobre los fuegos de clase A (dicha efectividad puede, en algunos casos, compararse a la del agua). Los valores de eficacia del halón 1211 (para servir de referencia) alcanzan desde 55B-C hasta 5A-113B para una carga de 6 kg.

Las cargas nominales normalizadas para extintores portátiles son 1, 2, 4 y 6 kg. En España se admite también el extintor de 3 kg. Los carros más comunes son de 25 kg.

En la actualidad no se fabrican, aunque estén instalados de forma extensa, extintores de halón 1211 ni de 1301, al estar prohibida la fabricación de dichos agentes y encontrarse con dificultad en el mercado. En España no se puede, en este momento, fabricar extintores de halon conforme a la reglamentación vigente, puesto que la norma UNE 23110 (obligatoria) exige que los halones sean a su vez conforme a la reglamentación vigente. Las normas españolas sobre hidrocarburos halogenados extintores sólo hacen referencia al halón 1211 y al halón 1301, y por el momento no existe norma europea al respecto.

Según el sistema de puesta a presión.

a) *Permanentemente presurizados*. Se denominan también de «presión permanente» o de «presión incorporada». En ellos, el recipiente en que se encuentra el agente extintor está permanentemente sometido a presión. Salvo los extintores de dióxido de carbono, deben estar provistos de un indicador de presión cuyo buen funcionamiento (es decir, que sea conforme a las exigencias normativas) se debe poder comprobar de forma independiente (exigencia del Reglamento de Aparatos a Presión. La norma europea permite que, en lugar de indicador de presión, posean una toma que permita la verificación de la presión interna).

La mayoría de los extintores de presión permanente tienen la válvula de control de descarga en la cabeza (parte superior) del extintor. Dicha válvula actúa también como cierre del recipiente. Algunos extintores de presión permanente tienen el recipiente sellado en su parte superior y poseen un percutor en la cabeza, que, al ser accionado, perfora la placa de cierre y comunica el interior del recipiente con la manguera, al extremo de la cual se halla la válvula (pistolete) de control de la descarga.

Principales ventajas: es más fácil que sean correctamente presurizados. Si la masa del gas impulsor es incorrecta (por exceso o defecto de carga), pero la presión correcta, la efectividad del extintor se modifica, aunque no su seguridad. Si la presión es incorrecta, se puede detectar fácilmente con el indicador de presión. No están sometidos a sobrepresiones bruscas durante su vida útil. Si, en todo caso, sufrieran rotura o desprendimiento de piezas, no necesariamente ha de encontrarse personal en las cercanías. El recipiente donde se encuentra el agente extintor está presurizado, por lo que no sufre contaminación ni entrada de humedad del exterior.

Inconvenientes: no se puede examinar el estado del agente extintor sin despresurizar el recipiente.

Ventajas adicionales del extintor de válvula en cabeza: es muy simple de utilizar, sólo requiere retirar el precinto y accionar la palanca.

Inconvenientes: no permite inspeccionar la válvula sin despresurizar el extintor; los extintores con manguera no permiten controlar el caudal y la dirección de la descarga con la misma mano (mano diestra) ni permiten protegerse la cara con el extintor mientras se descarga, salvo que se posea gran habilidad. La figura 14 muestra el esquema de un extintor de este tipo.

Ventajas adicionales del extintor de válvula en el extremo de la manguera: permite inspeccionar la válvula y el mecanismo de accionamiento sin despresurizar el extintor; permite una extinción más eficaz al controlar

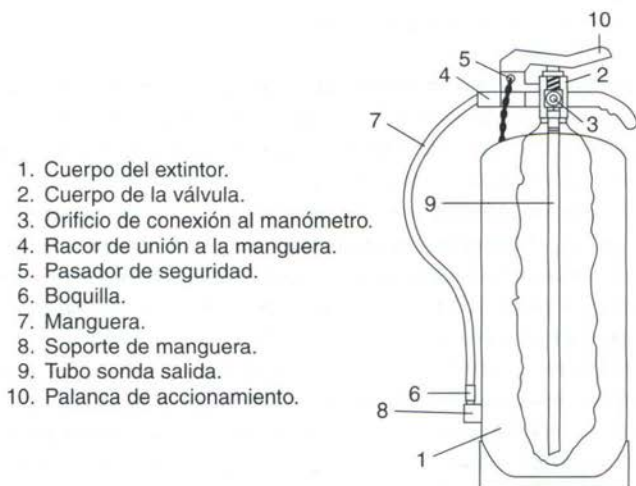


Figura 14. Extintor permanentemente presurizado con válvula en cabeza.

y dirigir la descarga con la mano diestra a la vez que se protege la cara con el extintor; favorece la extinción de fuegos ubicados en niveles altos (1 m a 2 m de altura); está menos expuesto a pérdidas de presión (cierre por elemento fijo).

Inconvenientes: requiere una operación más para la puesta en funcionamiento; dicha operación está más expuesta a fallos según la posición del percutor (por ejemplo, por golpes recibidos en la cabeza del extintor); el control de la presión interna requiere perforar el recipiente o el elemento de cierre, lo que constituye un elemento de debilidad cara a las fugas de gas impulsor (las ventajas iniciales parcialmente en cuanto a estanqueidad).

b) *No permanentemente presurizados*. Se denominan también de «presión no permanente», de «presión instantánea», de «presión adosada» o de «botellín», debido esto último a que poseen un recipiente auxiliar, situado en el exterior o el interior de la botella donde se halla el agente extintor, que contiene el gas impulsor o las sustancias necesarias para generarlo. Según dicho recipiente esté dentro o fuera del cuerpo principal se conocen como de «botellín interior» o de «botellín exterior». Dado que en la práctica no se encuentran extintores cuyo gas impulsor sea generado mediante la reacción de sustancias que se ponen en contacto en el mo-

mento de la utilización del aparato, se prescinde (tras una breve explicación) de suponer la existencia de dichos extintores.

La razón de que no existan extintores de «reacción química» no se debe a una prohibición expresa, sino a una serie de exigencias que hacen inviable económicamente la construcción de estos aparatos:

- Los reactivos tienen que ser estables a temperaturas desde $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y, sin embargo, tienen que reaccionar, generando una presión (cantidad) de gas, con tolerancias no demasiado amplias, a cualquier temperatura de dicho intervalo y en un tiempo reducido (está limitado el retardo en el inicio de la descarga desde el instante de la puesta a presión).
- Los recipientes donde se encuentran los reactivos deben ser estables frente a éstos y a la vez mecánicamente resistentes.
- El sistema de comunicación de los reactivos entre sí y con el recipiente principal debe estar cerrado hasta la puesta a presión y abrirse en la forma deseada en dicho momento.

Los extintores de presión adosada no requieren estar dotados de manómetro por razones obvias. La verificación de la (futura) presión de servicio se efectúa controlando el peso del gas impulsor contenido en el botellín. Por ello, los botellines de gas deben estar marcados de forma que se pueda controlar su estado de carga. La forma más adecuada es indicando la masa total cargada y la masa neta de gas impulsor. De esta manera, al pesar el botellín basta una resta para saber el defecto absoluto de carga y una división adicional para conocer el defecto en valor relativo, que corresponderá al valor relativo del descenso de presión que se tendría si se pusiera en funcionamiento el extintor. La norma EN-3 establece que el botellín debe llevar marcado el valor de la masa vacío (en gramos), de la masa teórica con carga (en gramos) y de la masa de CO_2 (gramos) o presión de gas comprimido (bar).

La mayoría de los extintores de presión adosada tienen la válvula de control de descarga en el extremo de la manguera, aunque algunos (los pequeños y una minoría de los grandes) la tienen situada en la cabeza de cierre. Para las ventajas de uno y otro sistema ver lo indicado en el punto a) de este apartado. Las figuras 15 y 16 muestran esquemas de extintores de botellín exterior e interior, respectivamente.

El sistema de puesta a presión suele ser de percusión para los de botellín interior y de volante o percusión (sobre pomo o palanca) para los de botellín exterior. En algunos extintores de botellín interior el percutor



Figura 15. *Extintor no permanentemente presurizado de botellín exterior con válvula en el extremo de la manguera.*

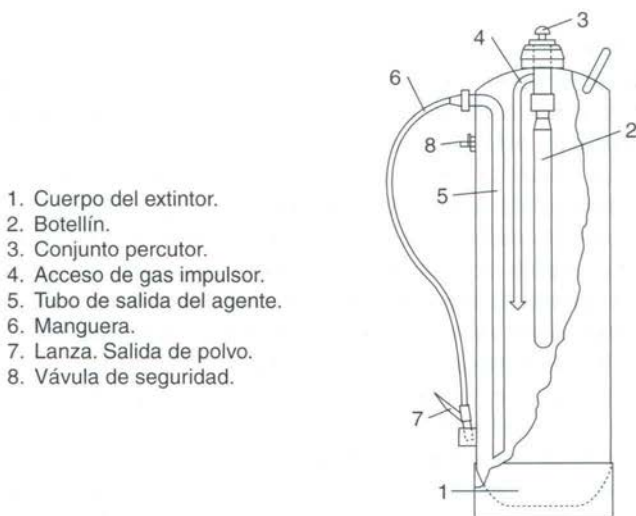


Figura 16. *Extintor no permanentemente presurizado de botellín interior con válvula en el extremo de la manguera.*

se acciona al efectuar la retirada del seguro. Debe tenerse en cuenta que no es admisible que la operación requerida para la puesta a presión deba después repetirse para el control de la descarga.

Principales ventajas de los extintores de presión adosada: permiten examinar todos los componentes del extintor, salvo el interior del botellín de gas, sin despresurizar el aparato.

Inconvenientes:

- La presurización depende tanto de la cantidad de gas como del volumen ocupado por la carga, y éste, a su vez, de la masa neta y de la densidad del agente extintor. Los extintores hídricos tienen como referencia nominal de la carga el volumen ocupado por ésta, con lo que resulta más fácil determinar el volumen correcto de carga. Hay extintores hídricos de presión adosada que poseen un tubo en la boca de carga que impide físicamente que el extintor se llene por encima de un nivel determinado. Los extintores de polvo son los más expuestos a variaciones de la presión interna en función de la densidad del agente. Esta inseguridad en la presurización hace que, según la reglamentación española (MIE AP-5), los extintores de presión adosada de más de 3 litros de capacidad deban estar provistos de válvula de seguridad. Esta exigencia no existe, sin embargo, en la norma europea (ignoramos las causas), aunque sí se definen en ella las características de dichas válvulas para el caso de que se instalen.
- El momento en que el recipiente principal se pone a presión, con las incertidumbres citadas más arriba, es justamente aquel en que un operador (usuario) se encuentra junto al extintor, por lo que, de producirse algún accidente, es muy probable que éste afecte a personas.
- Al encontrarse a presión atmosférica el recipiente que contiene el agente extintor, es posible que dicho agente sufra contaminación procedente del exterior. Esto mismo puede ocurrir durante las operaciones de mantenimiento si no se ponen las medidas oportunas para evitarlo.

Criterios de selección

Agente

La selección de un agente extintor depende, fundamentalmente, del combustible o los combustibles que puedan verse involucrados en el incendio, así como de la forma en que éste se desarrolle. En dicha selección

se tendrán en cuenta, además, los peligros que pueda originar y los trastornos que produzca su proyección.

- El agua es un agente muy indicado para todos los fuegos de la clase A. En los casos en que el material combustible no permita una buena penetración del agua, puede emplearse con un agente humectante para mejorar dicha penetración. Frente a fuegos de clase C resulta nulo, así como en la mayoría de aquellos fuegos de clase B de combustible menos denso que el agua. Algunos aditivos permiten el uso de agua pulverizada frente a fuegos de clase B. El agua está absolutamente contraindicada frente a fuegos de clase D.
- La espuma es eficaz en fuegos de clases A y B. Para aquellos líquidos combustibles de tipo polar se utilizará espuma antialcohol. La espuma presenta los mismos problemas que el agua frente a fuegos de metales y de ciertos compuestos químicos.

Tanto el extintor de agua como el de espuma no son indicados para la extinción de fuegos de equipos bajo tensión eléctrica, salvo clasificación específica (ensayo dieléctrico). La proyección del agua o de la espuma puede causar daños adicionales en documentos, paredes y decoración, así como en máquinas o motores. No obstante, en este último caso la recuperación no presenta excesivos problemas.

Se debe prestar atención al daño que puede causar a equipos electrónicos (sin tensión) o conexiones eléctricas.

- El polvo seco (BC) es eficaz frente a fuegos de clases B y C, en cualquier clase de incendio: superficial o volumétrico. Puede ser utilizado en presencia de equipo eléctrico bajo tensión.
- El polvo polivalente (ABC) es eficaz para fuegos de clases A, B, y C. Los extintores de polvo ABC podrán ser utilizados frente a equipos eléctricos bajo tensión.
- El polvo especial es el único agente recomendable para fuegos de clase D. Cada metal requiere un agente extintor específico.

Los extintores de polvo seco y de polvo polivalente originan descargas en forma de nube muy amplia, por lo que pueden causar trastornos al caer sobre zonas no incendiadas, especialmente si se trata de máquinas o equipo delicado.

- El dióxido de carbono es eficaz frente a fuegos de clases B y C confinados o de pequeño tamaño.

Puede resultar útil para fuegos superficiales de combustibles sólidos. Se puede emplear en presencia de tensión eléctrica. Es un producto asfixiante, por lo que no deberá utilizarse dentro de recintos cerrados de volumen reducido (del orden de 6 m^3 por kg de agente utilizado). En la descarga el agente alcanza muy bajas temperaturas, por ello no deberá dirigirse hacia personas ni contra equipo delicado que no esté expuesto al fuego.

- Los hidrocarburos halogenados son eficaces contra fuegos de clases B y C. La efectividad específica de los halones frente a fuegos de clase A es similar a la del agua, aunque no es recomendable su uso por la exposición a vapores de descomposición durante un tiempo mayor que el necesario para la extinción de fuegos de clase B.

Los halones usados como agentes extintores son, por lo general, productos ligeramente tóxicos, por lo que se deberán tomar las mismas precauciones que con el dióxido de carbono. Sin embargo, los productos originados por su descomposición pueden ser fuertemente tóxicos. Por tanto, es desaconsejable la permanencia en locales cerrados donde se haya utilizado este agente frente a fuegos con llama cuya extinción haya requerido una aplicación prolongada (valores indicativos son: una superficie en llamas de más de 3 m^2 o un tiempo de extinción superior a 10 s). Después de su utilización, apagado totalmente el incendio, debe ventilarse el local incendiado.

Tipo de funcionamiento

Excepto en el caso del dióxido de carbono y de la mayoría de los halones, que estarán a presión permanente, para los demás agentes se presenta la opción entre extintores de presión permanente o no permanente. Para su correcta selección se tendrán en cuenta los siguientes apartados:

Extintores de presión permanente

Los extintores de presión permanente no permiten la revisión del agente, ni de la mayoría de las partes operativas, sin descargar el agente impulsor, lo que obliga a una nueva recarga, salvo en el caso de que el recipiente esté separado de la válvula por una placa que se perforará cuando se utilice.

Debe comprobarse que el extintor está correctamente cargado; no basta con verificar la presión, puede ser necesario pesar el extintor.

Si el extintor está excesivamente cargado, podrá ocurrir que la descarga sea muy reducida por falta de agente impulsor. En caso de carga inferior a la correcta se verá disminuida la cantidad proyectada de agente extintor en porcentaje igual al defecto de carga. Estos hechos pueden suceder con presión correcta de llenado. Si el recipiente o alguno de los demás componentes del extintor (válvula, etc.) sufre corrosión interna sólo podrá verificarse en revisiones periódicas previa descarga del extintor. El manejo de este tipo de extintores es sencillo.

Extintores de presión no permanente

Los extintores de presión no permanente permiten la revisión del agente y del interior del recipiente sin necesidad de descargar el agente impulsor.

Si el extintor está deficientemente cargado, además de disminuir la cantidad de agente extintor proyectado, efectuará dicha proyección de forma más lenta y con menor alcance.

En caso de sobrecarga, existe el peligro de que la presión del gas impulsor, al entrar en el recipiente, no pueda ser resistida por éste. Todos los extintores de este tipo deberían disponer de un dispositivo de seguridad para evitar su explosión. Este dispositivo puede originar la inutilización del extintor si está constituido por discos de rotura. Se recomienda la instalación de una válvula de seguridad en la zona superior del recipiente.

El dispositivo de seguridad es obligatorio actualmente en España para los extintores de presión no permanente con capacidad superior a 3 dm³ por el Reglamento de Aparatos a Presión, ITC-MIE AP5. No es obligatorio según la norma europea EN-3, parte 3 (1994), aunque dicha norma da las características y el intervalo de funcionamiento de dicho dispositivo, en el caso de que sea instalado en un extintor portátil.

El dispositivo de seguridad más fiable es el disco de rotura, si bien éste inutiliza totalmente el extintor en caso de accionamiento. La válvula de seguridad permite evacuar exclusivamente la sobrepresión, pero su funcionamiento depende de un ajuste inicial y de posibles daños o manipulaciones a lo largo de la vida del extintor, que deben ser detectados y corregidos en las revisiones periódicas.

Para comprobar la carga de agente impulsor se pesará el botellín o cartucho; también puede verificarse el nivel o el peso del agente extintor.

El manejo es más complicado que el de los aparatos de presión permanente. Sin embargo, debe constatarse que no se admite que sea necesario repetir algún movimiento para la puesta en funcionamiento del extintor (por ejemplo, bajar la misma palanca dos veces, la primera para presurizar y la segunda para descargar).

Es recomendable la selección de extintores de presión no permanente cuando se dispone de personal cualificado y de confianza para efectuar la adquisición, revisión, mantenimiento y utilización de los aparatos. En caso contrario, se recomiendan los aparatos de presión permanente.

La presurización de los extintores de presión no permanente se realiza por descarga de un gas impulsor contenido en un recipiente auxiliar (cartucho o botellín). La presurización por reacción química no está prohibida, pero resulta antieconómico conseguir que el extintor cumpla las prescripciones normativas (relación presión-temperatura, duración de descarga, etc.) con este sistema de presurización, sobre todo teniendo en cuenta que la maniobra de inversión del aparato no es admisible para su puesta a presión.

Tipo de control de la proyección

El control adecuado es aquel que permite la apertura instantánea y el cierre automático y asegura una simplicidad de movimientos para asir el extintor, la manguera y regular el chorro simultáneamente.

No son admisibles los extintores con control de proyección por válvula de volante, ni aquellos que carezcan de dispositivo regulador de descarga.

Eficacia

La eficacia de los extintores portátiles es una magnitud indicativa del tamaño y clase de fuego que el aparato es capaz de extinguir. Su medida, según la norma UNE 23.110, correspondiente a la norma europea EN-3, viene indicada por un conjunto de números y letras. Las letras corresponden a tres de las clases de fuegos definidos anteriormente; los números representan el tamaño del fuego.

La eficacia de un extintor portátil deberá venir indicada en el mismo y será avalada por los ensayos correspondientes.

En la tabla 6 se indican los intervalos habituales de eficacias de distintos modelos de extintores portátiles.

Tabla 6
EFICACIAS ORDINARIAS DE LOS EXTINTORES

Agente		Carga del extintor (kg o l)	Intervalo de eficacias
Polvo		1	3A, 13B-C a 3A, 21B-C
		2	5A, 21B-C a 8A, 34B-C
		3	8A, 34B-C a 13A, 55B-C
		6	13A, 89B-C a 34A, 233B-C
		9	Superior a 21A, 113B-C
		12	Superior a 34A, 144B-C
Halon		1	3A, 13B-C
		2	3A, 21B-C a 3A, 34B-C
		3-4	5A, 34B-C a 5A, 55B-C
		6	5A, 55B-C a 8A, 113B-C
Agua	Con aditivos (*)	6	5A, 21B a 5A, 89B
		9	8A, 34B a 13A, 233B
	Sin aditivos	6	5A
		9	8A a 21A
Dióxido de carbono		2	13B-C
		3,5	21B-C
		5	34B-C

(*) Incluye eficacia de extintores de espuma física.

Factores determinantes

La eficacia de un aparato extintor depende en gran medida del poder extintor del agente que contiene. Para un mismo agente existen otros factores que pueden modificarla.

- Alcance. El alcance de un extintor determina que la descarga del agente sea más o menos efectiva. La radiación emitida por el fuego dificulta la aproximación, por lo que la primera descarga, que crea una protección para la persona, puede no alcanzar la zona en llamas. De igual forma, si una descarga no abarca todo el

espacio cubierto por las llamas, no será posible la extinción de éstas por los agentes que basan su acción en la catálisis negativa (halones y polvo).

- Duración de la descarga. La duración de descarga del agente es una característica que influirá en la efectividad del aparato, en función del entrenamiento de la persona que lo utilice.

Una descarga de corta duración y abundante caudal permitirá una extinción rápida sólo cuando dicha descarga se sepa aprovechar de forma conveniente.

Una descarga prolongada permite una mejor manejabilidad para personal poco experimentado, pero puede no alcanzar la concentración suficiente para lograr los efectos deseados.

- Forma de descarga. Si el agente extintor es proyectado en chorro compacto, el volumen sobre el que actuará será pequeño y necesitará más tiempo y adecuado movimiento para conseguir la extinción. Si la descarga se produce en forma de nube demasiado amplia puede no alcanzar la concentración suficiente para lograr los efectos deseados.

- Manejabilidad. El aparato extintor será más eficaz cuanto más fácil sea su manejo. Los elementos que va a utilizar el usuario deben facilitar la operación. Los dispositivos de seguridad no deberán salir con facilidad, aunque deberán extraerse sin esfuerzo. La manguera será imprescindible para extintores medianos o grandes (a partir de 3 kg de carga). El elemento de control de la descarga será rápido, estanco, no exigirá grandes esfuerzos ni presentará problemas de accionamiento durante el uso del aparato.

Eficacia equivalente de varios extintores

Si se pretende conseguir una eficacia dada, utilizando varios extintores para sustituir a un extintor de gran tamaño (de excesivo peso y difícil manejabilidad), será preciso conocer la eficacia conjunta obtenida mediante ensayo.

La eficacia equivalente de varios extintores supone una acción coordinada que sólo podrá darse en la práctica en el caso de brigadas con un alto nivel de adiestramiento.

Frente a fuegos de clase A, dos o tres extintores de agua de la misma eficacia y utilizados simultáneamente por personal bien coordinado tienen una eficacia aproximadamente igual a la inmediata inferior, según la serie normalizada, de la correspondiente a la suma de las eficacias de cada uno de los aparatos.

Los extintores de polvo polivalente, frente a fuegos de clase A, pueden unir sus eficacias de forma que dos aparatos de la misma, usados por dos personas simultáneamente y de forma coordinada, tendrán una eficacia inmediata superior que uno de ellos. La eficacia equivalente de un grupo de extintores de distintos agentes o distintas eficacias deberá ser verificada mediante ensayos. De igual manera, se podrá determinar la eficacia equivalente frente a fuegos de clase B.

Esta coordinación de aparatos tendrá limitada su eficacia por el tamaño del fuego, debido a la imposibilidad de aproximación cuando los extintores no poseen el alcance adecuado.

Los extintores de espuma también pueden sumar sus eficacias frente a fuegos de clase B, siempre que tengan el alcance suficiente, o sean utilizados detrás de una protección para la radiación térmica, de forma que el usuario pueda acercarse sin peligro.

Si la eficacia requerida para la protección de un riesgo exigiera la instalación de extintores portátiles de gran tamaño, puede ser útil, en ocasiones, sustituirlos por extintores móviles (carros), si con éstos se prevé una mayor manejabilidad.

Diseño de protección con extintores

Para que exista una buena protección contra incendios, es básico el correcto diseño de la instalación de los extintores. El diseño deberá tener en cuenta los factores que influyen en la elección de los aparatos, con el fin de crear unas eficientes unidades extintoras y ubicarlas en los lugares más convenientes. En todo caso, deberán cumplirse las especificaciones de la reglamentación vigente.

Factores que influyen en la implantación de los extintores

Para conocer la eficacia de los aparatos que se van a utilizar se deberá prever el tamaño y tipo de fuego con el que podrá encontrarse el usua-

rio en el momento de iniciar el ataque. La utilización de un extintor supone la localización del conato de incendio, la toma del aparato y la llegada con el mismo a la zona de desarrollo del fuego.

Los factores que influyen en el tamaño del fuego son los siguientes:

- **Detección automática.** Una adecuada detección minimiza el tiempo de respuesta. Debe contarse con una buena señalización de zonas, con una atención permanente a la central de señalización y con un plan de actuación eficaz y comprobado prácticamente. Con ello, la eficacia necesaria será inferior.
- **Ocupación.** Las zonas no ocupadas precisarán de un elevado período de tiempo para la puesta en acción de los extintores, especialmente si no existe detección automática, por lo que la eficacia deberá ser mayor.
- **Accesibilidad.** Las zonas poco accesibles, o lejanas, necesitarán un tiempo extra para comenzar el ataque al fuego con extintores. La eficacia, por tanto, deberá ser superior a la de otras zonas de similares características, pero más accesibles.
- **Tipo de combustible.** El tipo de combustible que pueda estar implicado en un incendio influirá en el tamaño y tipo de fuego, así como en los medios de extinción. Las características principales que deben tomarse en consideración son: la inflamabilidad, el calor de combustión, la velocidad de propagación de la llama y los humos y gases de combustión.
Un combustible con calor de combustión elevado dificultará el acercamiento al fuego.
Una inflamabilidad alta de los materiales presentes aumentará el tamaño del fuego, de la misma manera que una velocidad de propagación alta. Finalmente, los humos y gases de combustión dificultan las labores de extinción.
- **Disposición del combustible.** La disposición del combustible influye en la propagación del fuego y en la accesibilidad y en las probabilidades de extinción total.

Eficacias exigibles

Con los datos obtenidos sobre las características descritas en el apartado anterior, deberá fijarse la eficacia de los extintores que se van a utilizar. Los extintores pueden ser de los siguientes tipos:

- Extintores para proteger los elementos de revestimiento interior, decoración y mobiliario de un edificio. La eficacia mínima precisa debe ser 8A si se dan las condiciones siguientes:
 - a) Existencia de detección automática u ocupación permanente.
 - b) Ausencia de tramos de elementos verticales de decoración o revestimiento (cortinas, entelados) o de techo de material M-3, M-4 o peores, según UNE 23.727, que tengan más de 5 m de largo o que estén separados del más cercano por una distancia menor de 2 m. Para los elementos de revestimiento del suelo el material no será M-4 ni peor.
 - c) Ausencia de combustibles líquidos, gaseosos o sólidos troceados, que puedan propagar el fuego de los materiales protegidos por estos aparatos.
En caso de no cumplirse estas condiciones, no se considera factible la protección exclusiva mediante extintores portátiles.

- Extintores que se utilizan como protección específica de elementos o materiales concretos y de especial peligrosidad, tales como almacenes, archivos, tablas eléctricos, disolventes, calderas, depósitos y otros. Su eficacia debe ser obtenida para cada caso específico, como se indica a continuación:
 - a) La eficacia mínima necesaria para la protección de materiales que dan origen a fuegos de clase A se adjudicará a partir de la clasificación de riesgos que establecen, bien el código 13 de la NFPA (Instrucción Técnica 07.18 de Protección contra Incendios de IT-SEMAP) «Instalación de sistemas de rociadores» (apartado 1-4.7 y anexo), bien la establecida por la norma UNE 23.592. Será 13A para riesgo ligero, 21A para riesgo ordinario grupo 1 (grupos I y II, según UNE 23.592) siempre que exista detección automática (permanentemente atendida) u ocupación permanente y no existan combustibles gaseosos, líquidos o sólidos troceados que propaguen rápidamente el fuego.

- b) La eficacia necesaria para la protección de materiales que necesiten extintores de clase B, será la correspondiente al tamaño del recipiente o conjunto de recipientes que puedan arder conjuntamente, según los hogares tipo, multiplicada por dos y ajustada por exceso, según se indica en la norma UNE 23.110 parte 1.^a
- c) Si el combustible no se encuentra contenido en recipientes profundos, se acudirá a la clasificación de riesgos que establece el código 13 de la NFPA (Instrucción Técnica 07.18 de Protección contra Incendios de ITSEMAP) «Instalación de sistemas de rociadores» (apartado 1-4.7 y anexo) o la norma UNE 23.592 y se adjudicará la eficacia 113B para riesgo ligero y ordinario grupo 1 (grupos I y II).

En todas las circunstancias diferentes de las aquí especificadas no se considerarán los extintores portátiles como medios exclusivos de extinción. En tal caso, los extintores serán medios complementarios de los sistemas principales de extinción de incendios. Los extintores utilizados como medios de extinción complementarios deberán tener unas eficacias mínimas de 13A y 89B para Riesgo Ligero, de 21A y 113B para Riesgo Ordinario Grupo 1 (Grupos I y II) y de 34A y 144B para Riesgo Ordinario Grupo 2 (Grupos III y IV), sean cuales sean las condiciones de detección, ocupación y la disposición de los materiales protegidos.

Localización

- Distancias. Los extintores para proteger los elementos de revestimiento interior, mobiliario y decoración del edificio se colocarán de forma que exista una distancia menor de 15 m desde cualquier punto del edificio hasta el extintor más cercano.

Los extintores destinados a proteger materiales específicos se distribuirán de forma que estén a unas distancias determinadas de cualquier punto del riesgo protegido. Estas distancias son:

- 10 m: clase A, Riesgo Ordinario y clase B.
- 15 m: clase A, Riesgo Ligero.

Si el desarrollo previsto del incendio u otras combinaciones así lo exigen, se podrán colocar los extintores a 15 m de distancia en lugar de los 10 mencionados anteriormente. En este caso su eficacia deberá ser un escalón superior.

Cuando se proteja un riesgo de tamaño reducido, que precise sólo de un extintor y en el que el incendio pueda impedir la evacuación de personas que se encuentren en la zona más desfavorable, se ubicará un aparato adicional en dicho lugar. Los extintores o su señalización se colocarán en las vías de tránsito, visibles especialmente en sentido de evacuación, sin estorbar ni quedar expuestos a daños.

- Altura. El extremo superior de un extintor no debe encontrarse a más de 1,5 m sobre el suelo. El extremo inferior de un extintor portátil (manual) debería encontrarse a más de 10 cm sobre el suelo.
- Señalización. Cada extintor debe estar convenientemente señalado, de forma que su posición sea visible y su tipo reconocible. La norma UNE 23033 establece el tipo de señalización correspondiente.

Es recomendable que la señalización local del lugar en que se encuentra el aparato individualice al extintor.

Unidad extintora

Se entenderá por unidad extintora el conjunto de dos o más extintores de diferentes agentes y ubicados en un mismo punto del recinto que se va a proteger, destinados a usos alternativos, según las características del fuego que hay que combatir.

La instalación de unidades extintoras proporciona las siguientes ventajas:

- La unidad extintora tiene mayor facilidad de localización que los extintores dispersos.
- La unidad extintora permite una mejor adecuación al fuego que los extintores de agente y proyección multivalente.

La instalación de unidades extintoras impone, por otra parte, una serie de exigencias:

- Formación de todo el personal en la adecuación o inadecuación de cada uno de los aparatos que la componen.
- Señalización clara del uso adecuado o inadecuado de cada uno de los aparatos que componen la unidad extintora.

Se procurará que ninguno de los extintores sea especialmente dañino o peligroso en el caso de que se haga uso incorrecto del mismo.

No son recomendables las unidades extintoras compuestas por más de dos aparatos.

Utilización de los extintores

Para conseguir una buena utilización del extintor, el usuario deberá conocer, de forma completa y lo más práctica posible, las instrucciones de funcionamiento, los peligros de utilización y las reglas concretas de uso para cada tipo de aparato. Todo ello deberá venir indicado en el extintor.

1. Instrucciones:

El usuario debe conocer perfectamente las instrucciones prácticas de funcionamiento de los aparatos.

2. Peligros:

El usuario deberá tener en cuenta el peligro que presenta un extintor durante y después de su uso. Cabe destacar la toxicidad inicial y la de los productos de descomposición del agente, las quemaduras y daños en la piel, las reacciones químicas peligrosas, el funcionamiento de los mecanismos de seguridad y las descargas eléctricas.

Cuando se indica que un extintor puede ser utilizado en presencia de tensión eléctrica no se debe suponer que se refiere a cualquier tensión y a cualquier forma de uso. La prueba dieléctrica se realiza a 35 kV desde una distancia de proyección de 1 m. Por ello, se supone que un extintor «utilizable en presencia de tensión eléctrica» es seguro para las instalaciones domésticas e industriales de baja tensión (220/380 V por lo general). La utilización sobre equipos a tensiones superiores (transformadores, por ejemplo) deberá estar restringida a extintores de CO₂ y al manejo por parte de personal entrenado en extintores y técnico en electricidad; se prefiere el uso de sistemas fijos de extinción. Debe tenerse especial cuidado con las boquillas metálicas y no acercarlas al equipo bajo tensión, sea ésta media o baja. Un extintor con deficiente mantenimiento —especialmente en el caso de los de agua pulverizada— puede tener un comportamiento sensiblemente más peligroso frente a tensión eléctrica.

Cuadro 1
RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS EXTINTORES
SEGÚN EL AGENTE EXTINTOR

Clasificación según el agente extintor		Aplicaciones	Ventajas	Inconvenientes	Peligros
Agua	A chorro	Fuegos con brasa	Gran alcance	Dispersión del incendio Poca penetración Daños adicionales en documentos	Fuego de equipos en presencia de tensión eléctrica
	Pulverizada	Fuegos con brasa	Gran penetración en fuego con brasas	pequeño alcance	(el peligro es menor con agua pulverizada)
	Pulverizada con aditivos AFFF	Fuegos con brasa Fuegos de líquidos inflamables	Mejora la eficacia del agua	No extingue fuegos dinámicos (derrames)	Fuegos de metales
Espuma		Fuegos con brasa Fuegos de líquidos inflamables	Efecto acumulable a partir de la densidad crítica de aplicación	Hidrolización del espumógeno No extingue fuegos dinámicos (derrames)	Fuegos de metales Fuegos de equipos bajo tensión eléctrica
Polvo	Químico seco (BC)	Fuegos de líquidos inflamables Fuegos de combustibles gaseosos o líquidos bajo presión Fuegos de equipos en presencia de tensión eléctrica	Alta eficacia	
	Polivalente (ABC)	Fuegos con brasas Fuegos con líquidos inflamables Fuegos de combustibles gaseosos o líquidos bajo presión Fuegos de equipos en presencia de tensión eléctrica	Alta eficacia	Pueden originar daños en máquinas o equipos delicados
	Especial (D)	Fuegos de metales (*)

Cuadro 1 (continuación)

Clasificación según el agente extintor	Aplicaciones	Ventajas	Inconvenientes	Peligros
Dióxido de carbono (CO ₂)	Fuegos de líquidos inflamables y combustibles gaseosos confinados o de pequeño tamaño Fuegos en presencia de tensión eléctrica	No deja residuos	Baja eficacia	Asfixiante Pueden originar quemaduras por baja temperatura en la descarga
Halón	Fuegos de líquidos inflamables Fuegos de combustibles gaseosos o líquidos bajo presión Fuegos en presencia de tensión eléctrica	No deja residuos	No muy eficaz frente a fuegos con brasa Dificultades de recarga/reposición por el cese de la fabricación del halón 1211	Corrosiones Productos tóxicos en la descomposición del agente

(*) Suelen ser agentes específicos para tipos concretos de metales.

Cuadro 2

**RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS EXTINTORES
SEGÚN EL TIPO DE FUNCIONAMIENTO**

Clasificación según el tipo de funcionamiento	Aplicaciones	Ventajas	Inconvenientes
Presión permanente	Extintores de CO ₂ siempre Extintores de halón habitualmente Extintores de agua y espuma Extintores de polvo	El manejo es sencillo Aplicable para uso por personal poco adiestrado	No permiten la revisión del agente extintor ni de la mayoría de las partes operativas sin descargar el agente impulsor, lo que obliga a una nueva recarga
Presión no permanente	Extintores de halón muy raramente Extintores de agua y espuma Extintores de polvo	Permiten la revisión del agente y del interior sin necesidad de descargar el agente impulsor Por lo general, su accionamiento permite mayor efectividad en la extinción del incendio	Requiere mayor número de operaciones para su funcionamiento Exige un adecuado mantenimiento para evitar accidentes en la puesta a presión Aplicable para uso por personal adiestrado

3. Reglas prácticas:

- Si el extintor posee manguera se debe asir ésta antes de iniciar la descarga del aparato, para evitar la proyección incontrolada del agente.
- Las válvulas de alivio o discos de ruptura de los extintores deben colocarse de forma que la proyección eventual no se dirija hacia el usuario.
- Antes de iniciar el ataque contra el fuego es conveniente realizar una pequeña descarga, con el fin de comprobar el funcionamiento correcto del aparato.
- Los extintores deben asirse exclusivamente por las zonas destinadas a tal efecto. En los extintores de dióxido de carbono no debe tocarse el difusor, debido al descenso de temperatura originado por la descarga del gas. Por la misma causa, no debe dirigirse la proyección contra personas.

Extintores móviles

Los extintores móviles, aunque incluyen a los portátiles, suelen adoptar tal nombre, y el más común de «carros», cuando superan la masa total de 20 kg; suelen ser instalados en una estructura con ruedas, y de ahí su apelación, aunque también existen extintores sobre atalajes que se pueden llevar a la espalda.

Los carros pueden considerarse extintores portátiles de mayor alcance y duración y, por tanto, mayor efectividad. No están sujetos a la norma UNE 23110 (EN-3), aunque sí a las exigencias reglamentarias como aparatos de presión. A corto plazo serán objeto de una norma europea. Dicha norma, según se prevé, no contempla valores de eficacia, si bien exige la extinción de ciertos hogares en función de la carga nominal. Las aplicaciones en cuanto al criterio de selección y diseño de la protección son similares a las de los extintores portátiles.

Repuestos y mantenimiento

Es recomendable disponer de aparatos de repuesto de las mismas características que los instalados. Su proporción debe ser de uno por cada veinte del mismo tipo, con un mínimo de uno por tipo.

Es aconsejable la contratación del servicio de mantenimiento de los extintores.

La revisión y mantenimiento de estos aparatos se llevará a cabo conforme a lo especificado en la reglamentación vigente («Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios,» Apéndice 2). Se encuentra en elaboración una norma europea.

Reglamentación aplicable

Los extintores, aparte de exigencias particulares, sectoriales (transporte) y de ámbito local, están regulados en España, en la actualidad, por las siguientes disposiciones Administrativas de ámbito estatal:

- Reglamento de Aparatos a Presión. Instrucción técnica complementaria MIE AP5 del Ministerio de Industria, que regula aspectos constructivos y de seguridad.
- Norma Básica de la Edificación. Condiciones de protección contra incendios (NBE-CPI), que regula su implantación en edificios.
- Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios, que regula su instalación, requisitos generales y mantenimiento.

Abastecimientos de agua contra incendios

Un *abastecimiento de agua* (ABA) es un sistema formado por una o varias *fuentes de alimentación de agua*, uno o varios *sistemas de impulsión* y una *red general de incendios*, y destinado a asegurar, para uno o varios *sistemas de protección contra incendios*, el caudal y la presión de agua necesarios durante el tiempo de autonomía requerido. La figura 17 ilustra un ejemplo de abastecimiento de agua.

Por su parte, una *f fuente de alimentación de agua* consiste en un suministro natural o artificial, capaz de garantizar el caudal (Q) de agua requerido por los sistemas de protección contra incendios durante el tiempo de autonomía (t) mínimo necesario. Una reserva de agua (R) es asimilable a una «fuente de alimentación» siempre que la cantidad disponible de agua de dicha reserva sea al menos igual al producto del caudal Q por el tiempo t.

Si la fuente de alimentación es una reserva de agua, debe contar con una *f fuente de reposición*, que consiste en un sistema capaz de reponer en

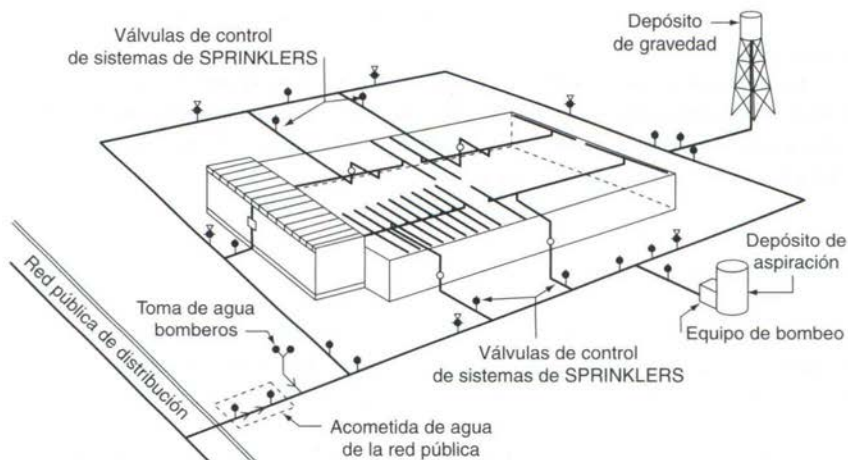


Figura 17. Abastecimiento de agua a sistemas de protección contra incendios.

un tiempo máximo establecido la reserva de un depósito utilizado como fuente de alimentación de agua.

Un *sistema de impulsión* es un conjunto de medios (equipos de bombeo, depósito de presión, etc.) o circunstancias naturales (elevación de la reserva de agua) que permiten alcanzar las condiciones de presión (P), y mantener las condiciones de caudal (Q) requeridas por los sistemas de protección contra incendios.

Los sistemas de impulsión del tipo equipos de bombeo o el asociado a las redes públicas de distribución deben proporcionar las condiciones de presión y caudal, al estar ambas variables relacionadas por una función, cuya representación es la curva P-Q.

Los sistemas de impulsión asociados a depósitos elevados o de presión sólo proporcionan la presión, al ser variables independientes P y Q a la salida del depósito.

La *red general de incendios* es el conjunto de tuberías, válvulas y accesorios que permiten la conducción del agua desde las *fuentes de alimentación* hasta los puntos de conexión de cada sistema de protección contra incendios específico. Puede no existir en los casos en que sólo se alimenta a un sistema de protección contra incendios.

Los *sistemas de protección contra incendios* son las instalaciones específicas de protección contra incendios que emplean, en el caso que nos

ocupa, agua como agente extintor, alimentadas desde la red general de incendios.

Un sistema de protección específico comienza a partir de la válvula de corte existente en la acometida de conexión del mismo a la red general de incendios.

Componentes de un abastecimiento de agua

Fuentes de alimentación de agua

Las *condiciones del agua* deben ser las siguientes:

El agua que se va a utilizar en las instalaciones de protección contra incendios ha de ser preferiblemente dulce y limpia. No obstante, se aceptan aguas saladas o de cualquier otro tipo, si se tienen en cuenta sus características químicas para la selección de los equipos, tuberías, válvulas y accesorios que componen el abastecimiento de agua y los sistemas de protección contra incendios.

Quando se emplean aguas que puedan ser agresivas para los componentes del abastecimiento de agua, las tuberías del mismo, en estado de reposo, se mantienen cargadas con agua dulce no agresiva. En este caso la reposición de fugas también se realiza con agua de estas características desde una fuente de alimentación segura y fiable. Después de cada utilización se procede al lavado y limpieza por flujo, con agua dulce, de todas las tuberías del abastecimiento de agua y de los sistemas de protección contra incendios antes de dejarse en estado de reposo. Este caso se da en la utilización del agua de mar en abastecimientos de agua a sistemas de protección contra incendios.

Los *tipos de las fuentes de alimentación y sus aplicaciones* son los siguientes:

a) Redes públicas de distribución:

Las redes públicas de distribución son fuentes de alimentación de agua de estructura y componentes similares a un ABA privado (fuentes de alimentación del tipo depósito elevado o de aspiración con equipo de bombeo asociado, más una red general de distribución), pero desti-

nados a satisfacer las demandas en uno o varios usos, de un número indeterminado de consumidores.

Las redes públicas pueden tener las siguientes aplicaciones (figura 18):

- Suministro de agua a la red general de incendios, si es capaz de garantizar las condiciones de *presión y caudal* necesarios en los sistemas de protección contra incendios durante el tiempo de autonomía requerido (figura 18 a).
- Suministro de agua a la red general de incendios, con equipo de bombeo de refuerzo, si es capaz de garantizar las condiciones de *caudal* necesarias en los sistemas de protección contra incendios durante el tiempo de autonomía requerido (figura 18 b).

Este montaje, aunque técnicamente no plantea problemas, puede no ser admitido por la compañía suministradora.

- Fuente de reposición de agua (figura 18 c).

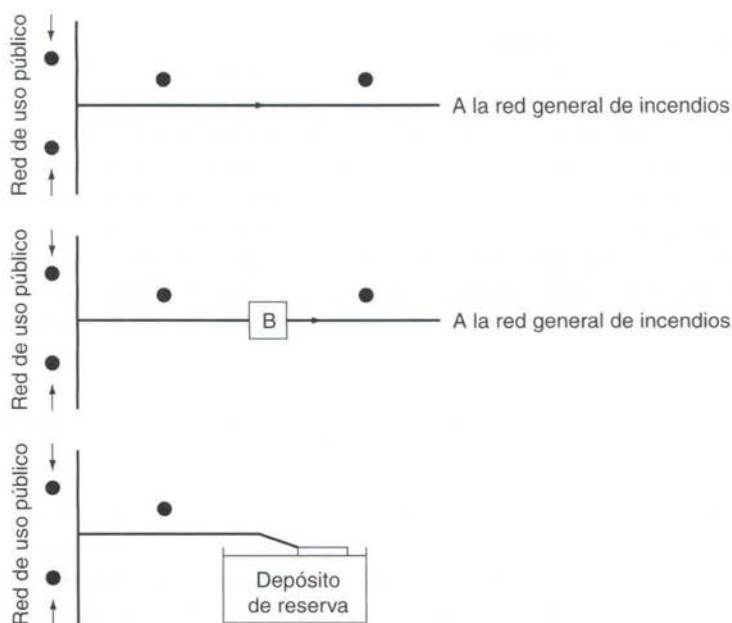


Figura 18. Aplicaciones de la red de uso público.

b) Fuentes inagotables:

Se consideran fuentes inagotables aquellas reservas de agua cuya capacidad de almacenamiento o de reposición es de un orden muy superior al requerido por el abastecimiento de agua. Se distinguen dos clases:

1. Naturales, como son, entre otras, los ríos, lagos y mares u océanos.
2. Artificiales, como son, entre otras, los canales, embalses y pozos.

Las fuentes de alimentación de agua inagotables podrán tener los siguientes usos:

- Fuente de reposición de agua.
- Sustituto del depósito de reserva, utilizando un equipo de bombeo que aspire directamente de dicha fuente o cualquier otro sistema de impulsión válido (por ejemplo, la altura de elevación de la fuente).

c) Depósitos:

Los depósitos de reserva se emplean para el almacenamiento de agua.

Los depósitos pueden agruparse en los siguientes tipos:

- Depósitos bajo o sobre superficie. Este tipo de depósitos va asociado a un equipo de bombeo y se les denomina depósitos de aspiración (figura 19).
- Depósitos elevados. Son aquellos en los que existe una diferencia de altura positiva entre el nivel mínimo del agua en el depósito y los puntos de aplicación de los sistemas de protección contra incendios. También se les denomina depósitos de gravedad (figura 19).
- Depósitos de presión. Son depósitos cerrados en los que la presión necesaria en los sistemas de protección contra incendios se garantiza mediante un gas, normalmente aire comprimido (figura 20).

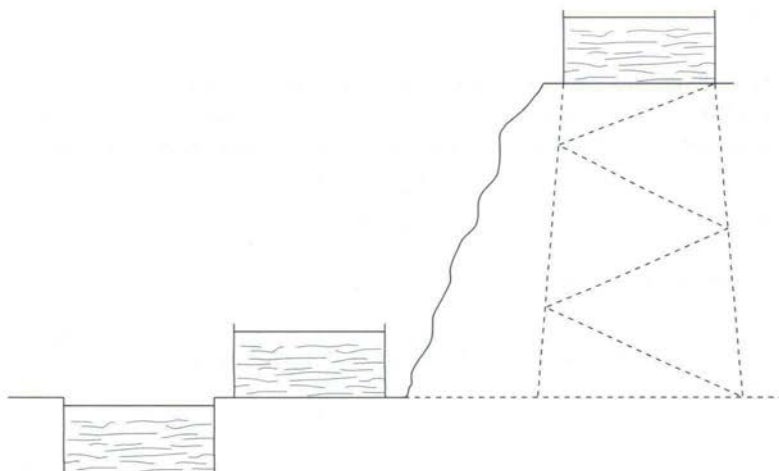


Figura 19. Depósitos de aspiración (bajo superficie y sobre ella) y de gravedad (elevado).

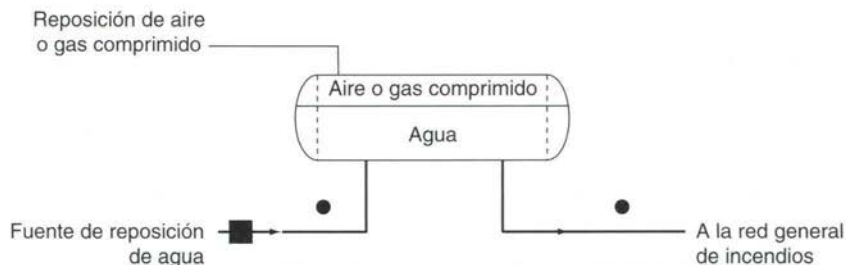


Figura 20. Depósito de presión.

Sistemas de impulsión

Los tipos de sistemas de impulsión que se emplean en sistemas de protección contra incendios son:

- *Presión propia* (redes de uso público).
- *Presión de altura* (depósitos o fuentes inagotables elevadas).
- *Equipos de bombeo*.
- *Presurización neumática* (depósitos de presión).

En las redes de uso público, la presión la proporciona el sistema de impulsión de la compañía distribuidora de agua, mientras que en los depósitos elevados lo hace la columna de agua de longitud igual a la diferencia geométrica de altura entre el depósito de reserva y los puntos de aplicación del sistema de protección contra incendios. En ambos casos puede suceder que la presión sea insuficiente, entonces debe reforzarse por medio de un equipo de bombeo.

Las bombas de uso aceptado en abastecimientos de agua a sistemas de protección contra incendios son únicamente las pertenecientes a la familia de las bombas *centrifugas*, ya sean verticales u horizontales.

En los equipos de bombeo existen dos clases de bombas con funciones diferentes:

- *Bomba principal*. Es la bomba destinada a garantizar la presión y el caudal necesarios en los sistemas de protección contra incendios. En una instalación pueden existir una o más bombas principales.
- *Bomba «jockey»*. Es una bomba destinada a mantener presurizada la red general de incendios y a reponer las fugas admisibles en la misma.

El cuadro 3 indica las posibles combinaciones de fuentes de alimentación (con reserva de agua suficiente) y sistemas de impulsión:

Los sistemas de protección contra incendios que utilicen agua han de disponer de un abastecimiento que cuente con una o varias de estas combinaciones de fuentes de alimentación y sistemas de impulsión.

Características generales de los abastecimientos de agua

Para el análisis de adecuación de un ABA existente se deben tener presentes las «prestaciones» del mismo (P, Q y t) y, además, las condiciones de «fiabilidad» que garanticen su perfecto funcionamiento en cualquier circunstancia y ocasión. Las prestaciones «califican» una instalación como abastecimiento de agua, es decir, que un sistema que no cumpla con alguno de los parámetros requeridos de presión, caudal o tiempo de autonomía no se considera abastecimiento de agua contra incendios. La fiabilidad, por su parte, «clasifica» los abastecimientos de agua de cara a que puedan o no ser utilizados con sistemas de agua cuyo funcionamiento sea

Cuadro 3
COMBINACIONES POSIBLES EN ABASTECIMIENTOS DE AGUA
CONTRA INCENDIOS

Fuente de alimentación de agua		Sistema de impulsión
Red pública	Presión suficiente	Presión propia
	Presión insuficiente	Presión propia + Equipo de bombeo de refuerzo
Fuentes inagotables	Altura suficiente	Presión de altura
	Altura insuficiente	Presión de altura + Equipo de bombeo de refuerzo
		Equipo de bombeo
Depósito de aspiración		Equipo de bombeo
Depósito elevado	Altura suficiente	Presión de altura
	Altura insuficiente	Presión de altura + Equipo de bombeo de refuerzo
Depósito de presión		Presión neumática

más esencial. La fiabilidad se consigue en las fases de diseño e instalación y supone, no sólo el empleo de materiales adecuados para este uso y correctamente instalados, sino que también puede implicar el empleo de equipos redundantes que suplan los posibles fallos.

El abastecimiento de agua a los sistemas de protección contra incendios debe ser de uso exclusivo para los mismos. Los equipos de bombeo y depósitos de presión han de ser de uso exclusivo para incendios. La presión propia de la red pública y la presión de altura de los depósitos elevados pueden ser sistemas de impulsión comunes a usos industriales e incendios. Los depósitos de reserva pueden ser comunes a ambos, siempre que cumplan las condiciones que se indican más adelante.

Cuando un sistema de protección contra incendios entra en demanda, el funcionamiento de los abastecimientos de agua debe ser automático. Además, estarán permanentemente en disposición de empleo y no se han

de ver afectados por la falta de suministro eléctrico en otros usos del riesgo protegido. El abastecimiento de agua está bajo el control exclusivo del propietario o usuario de los sistemas de protección contra incendios a los que alimenta, excepto en el caso de que la única fuente de alimentación existente sea la red pública de distribución.

Las válvulas de corte existentes en un abastecimiento de agua deben permanecer constantemente en posición abierta, para lo que se precintan en dicha posición. Estas válvulas han de ser, en su totalidad, de tipo *indicador*, tales como las válvulas de compuerta de husillo ascendente (O.S. & Y.), de poste indicador (I.P.G. y W.I.P.G.) o de mariposa (B.V., I.B.V. y P.I.V.A.).

El abastecimiento de agua no se ha de ver afectado por las heladas; su temperatura ha de ser superior a 4 °C en cualquiera de sus componentes, (tuberías, agua de reserva, recinto del cuarto de bombas, etc.) o a la temperatura mínima indicada por los fabricantes de los equipos; si es preciso, se instalan sistemas adecuados para evitar la congelación (aislamiento de tuberías, calefacción de locales o, incluso, de los depósitos, etc.). El abastecimiento de agua no ha de contener ni transportar materiales sólidos que puedan obstruir las conducciones o afectar a piezas en movimiento (equipo de bombeo).

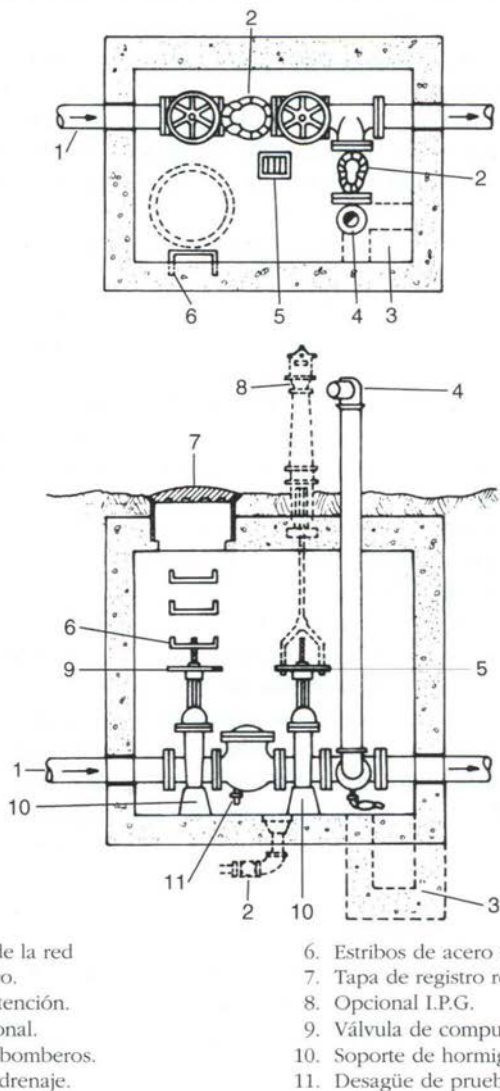
Cuando es preciso, en especial cuando las variaciones de velocidad en la red general de incendios pueden ser más elevadas, el abastecimiento de agua está dotado de dispositivos adecuados para la amortiguación de los esfuerzos originados en los fenómenos de «golpe de ariete». Los dispositivos de posible empleo, dependiendo de las fuentes de alimentación y de los sistemas de impulsión, son, entre otros, las válvulas reguladoras de vacío, los colchones neumáticos, las válvulas de retención antigolpe de ariete y las válvulas de seguridad simples. Estas últimas no son lo suficientemente efectivas, al ser su actuación demasiado lenta. Se pueden emplear válvulas reguladoras de presión entre la fuente de alimentación y los sistemas de protección contra incendios.

De igual manera, se controla que la velocidad de cierre de las válvulas de corte existentes en el abastecimiento de agua sea tal que impida que sean el origen de un golpe de ariete. Cualquier válvula de diámetro nominal superior a 40 mm (1½") ha de ser de cierre lento.

Un abastecimiento de agua puede alimentar a más de un sistema de protección contra incendios.

Todo abastecimiento de agua ha de contar con dispositivos capaces de dar la alarma cuando falla la fuente de alimentación con el abaste-

cimiento de agua en estado de reposo (corte de suministro en la red pública, bajo nivel en la reserva de incendios de un depósito, baja presión de aire en un depósito de presión, etc.) y cuando baja la presión



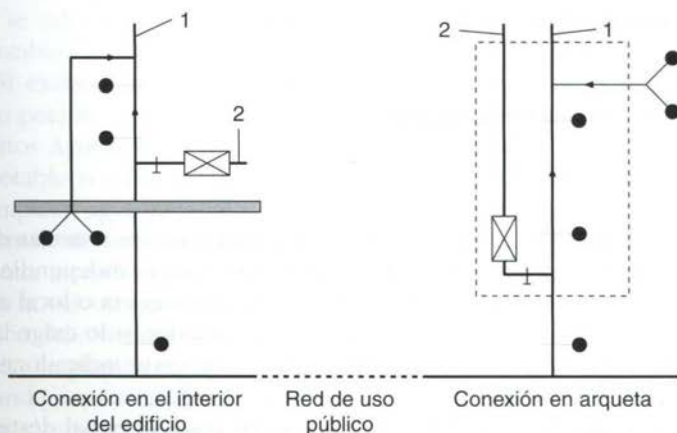
- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Conducción de la red de uso público. | 6. Estribos de acero empotrados. |
| 2. Válvula de retención. | 7. Tapa de registro redonda. |
| 3. Arqueta opcional. | 8. Opcional I.P.G. |
| 4. Conexión de bomberos. | 9. Válvula de compuerta O.S. & Y. |
| 5. Sumidero de drenaje. | 10. Soporte de hormigón. |
| | 11. Desagüe de prueba. |

Figura 21. Acometida de uso público.

en la red general de incendios por debajo de un valor determinado al entrar en funcionamiento un sistema de protección contra incendios (fallo en el sistema de impulsión: válvulas cerradas en la red pública, en el depósito elevado o en el de presión, bombas principales paradas, etc.).

Los abastecimientos de agua disponen, a la salida de su fuente de alimentación, de una válvula antirretorno y de una válvula de control indicadora. La red general de incendios del abastecimiento de agua se mantiene permanentemente en carga (llena de agua y presurizada). No se admiten las redes generales de incendios secas. Hay que anotar que sí existen, sin embargo, sistemas de protección contra incendios con tendidos de tubería seca (sistemas de rociadores de tubería seca, acción previa, diluvio, agua pulverizada, etc.).

Los abastecimientos de agua que alimentan sistemas fijos o hidrantes (interiores o exteriores) han de contar con una conexión para bomberos, mediante la cual podrán tomar o introducir agua de o a la red general de incendios. Estas conexiones pueden ser de 100 mm roscadas en columnas hidrantes exteriores (C.H.E.) o siamesas de 2 x 45 o 2 x 70 mm con racor UNE 23400; en este caso la toma debe contar con una válvula de retención (figuras 21 y 22).



1. A la red general de incendios.
2. Usos varios.

Figura 22. Conexión para red de varios usos.

Salvo en casos excepcionales, la presión residual no supera, en ningún punto de aplicación de agua de los sistemas de protección contra incendios, los 12 bar. Todos los componentes del abastecimiento de agua y los sistemas de protección han de ser adecuados para las presiones máximas, estáticas o residuales que deban soportar.

Aun no formando parte del abastecimiento de agua, se debe recordar la gran importancia de los sumideros de agua en los locales protegidos con sistemas que emplean agua como agente extintor. Un buen sistema de drenaje evita daños por agua a equipos o materiales situados en la planta afectada o en las inferiores. En el caso de presencia de líquidos inflamables tendrá una importancia especial. El tratamiento del agua recogida por los sumideros también es especialmente importante, sobre todo en los casos de presencia de sustancias tóxicas o altamente contaminantes.

Características y especificaciones de los principales componentes de los abastecimientos de agua

En este apartado se incluyen las características, especificaciones y ensayos precisos para definir los principales componentes de los abastecimientos de agua capaces de satisfacer con seguridad las demandas de los sistemas de protección contra incendios.

Fuentes de alimentación de agua

a) Red de uso público:

La acometida de agua desde la red pública para los sistemas de protección contra incendios ha de ser, preferiblemente, independiente de cualquier otro uso. La acometida contará, en una arqueta o local acondicionado, con una válvula antirretorno (y un contador, si lo exige la compañía distribuidora) situada entre dos válvulas de corte indicadoras (figura 21).

Si la acometida es común con la de otros usos, el ramal destinado a satisfacer la demanda de éstos arrancará antes de las válvulas de corte y antirretorno de la red de incendios (figura 22). Debe existir, en este caso, una válvula de corte en el ramal de usos industriales en la misma arqueta o local en que se encuentren las de la red de incendios.

Se utiliza un tren antirreflujo, formado por dos válvulas antirretorno independientes, que tiene como finalidad evitar el reflujo de agua de la red general de incendios a la red pública, cuando se da alguna de las circunstancias siguientes:

- Existen dudas sobre las pérdidas en el abastecimiento de agua, cuya fuente de alimentación es únicamente la red pública.
- Siempre que, además de ésta, existe otra fuente de alimentación que utiliza agua potable (depósito de reserva, elevado o de presión).

La separación entre las válvulas antirretorno está comprendida entre 1 y 1,5 m; puede existir entre ambas, si es necesario, un filtro. Este conjunto ha de estar situado entre dos válvulas de corte indicadoras (figura 23).

Existen otros dispositivos adecuados, más complejos, para impedir el reflujo, como los formados por dos válvulas de retención de actuación independiente y una válvula de alivio automática de presión diferencial intermedia, que es más efectivo que el indicado anteriormente. Este dispositivo se emplea como válvula reguladora de presión.

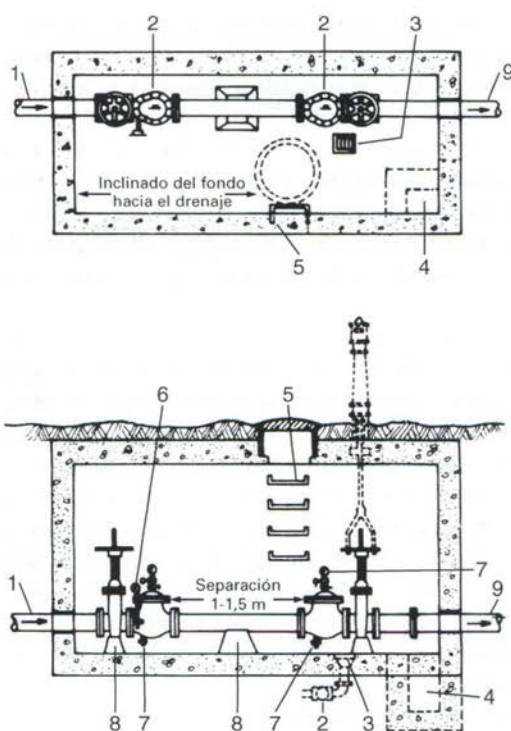
Las válvulas de retención empleadas han de ser de alta calidad, con las partes móviles de bronce y las juntas de unión de caucho, con el fin de que sean totalmente estancas.

No se admite el uso conjunto de la red pública de distribución de agua potable con otras fuentes de alimentación que empleen agua no potable. Si existe una red pública de uso exclusivo para incendios con agua no potable, puede prescindirse del tren antirreflujo.

Ciertos Ayuntamientos no permiten la conexión a la red pública de agua potable si existen otras fuentes de alimentación de agua, aunque éstas empleen agua potable y se instale el tren antirreflujo.

Además de los manómetros existentes en los sistemas de protección contra incendios, se recomienda instalar uno en la acometida de agua, antes de la válvula antirretorno. Si la red pública es la única fuente de alimentación del abastecimiento de agua, se instala un presostato que dé aviso de la falta de presión en la fuente a un lugar permanentemente vigilado.

Cuando vaya a emplearse la red pública como fuente de alimentación de agua, y especialmente si es única, se debe realizar un «ensayo de flujo» de la misma para determinar sus prestaciones (presión residual y caudal), como paso previo a su aceptación como fuente de alimentación del abastecimiento de agua a los sistemas de protección contra incendios. El ensayo de flujo permite comprobar si la red pública es adecuada como



- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Conducción de la red de uso público. | 5. Estribos de acero empotrados. |
| 2. Válvula de retención. | 6. Manómetro. |
| 3. Sumidero de drenaje. | 7. Desagüe de prueba. |
| 4. Arqueta opcional. | 8. Soporte de hormigón. |
| | 9. Red general de incendios. |

Figura 23. Acometida de red de uso público con tren antirreflujo.

fuelle de alimentación (caudal suficiente) y, en caso de serlo, si es necesario un equipo de bombeo de refuerzo (presión insuficiente).

La adecuación de la red pública, mediante los ensayos de flujo, debe comprobarse en las condiciones de previsible presión mínima (tales como períodos de estiaje) en los momentos de mayor demanda. También deben tenerse en cuenta las posibilidades de interrupción del servicio por heladas o por inundaciones, así como la frecuencia de cortes del servicio por averías, para lo cual se efectúa un estudio de la fiabilidad de la red pública. Este estudio debe abarcar, entre otros puntos, las fuentes de repo-

sición de agua, fuentes de alimentación, capacidad de los depósitos, trazado de la red, materiales empleados, calidad de la ejecución, etc.

Cuando la red pública se emplea como fuente de alimentación, no es recomendable el uso de contadores en ella. Si la acometida es común con la de usos industriales, se recomienda instalar el contador directamente en este ramal. A pesar de estas recomendaciones, deben instalarse contadores de agua cuando así lo exige la compañía distribuidora. Los contadores han de ser aprobados para este uso y preferiblemente instalados en derivación para evitar grandes pérdidas de carga. Cuando la red pública es únicamente fuente de reposición de agua de un depósito de reserva, no existe ningún problema en instalar contadores de consumo.

La conducción pública ha de ser capaz de aportar el caudal preciso a los sistemas de protección contra incendios y, lógicamente, debe tener un diámetro igual o mayor que cualquier tubería del abastecimiento de agua.

Una red pública es adecuada como única fuente de alimentación solamente en el caso de estar alimentada por sus dos extremos. Puede ser aceptable, en ciertos casos, la alimentación por uno solo de sus extremos. Se consigue una mejora de la seguridad del abastecimiento de agua alimentando al sistema desde dos ramales de la red pública totalmente independientes.

b) Fuentes de alimentación inagotables:

Aunque en ciertos países algunas fuentes inagotables pueden ser unas excelentes fuentes de alimentación para abastecimientos de agua a sistemas de protección contra incendios, en otros, entre los que se encuentra España, las condiciones climatológicas y geográficas hacen que las fuentes inagotables pierdan garantías en cuanto a la continuidad de su reserva o a la seguridad de las instalaciones del abastecimiento de agua.

Por ello, en muchos países, las fuentes inagotables no se consideran fuentes de alimentación adecuadas, y quedan, en la mayor parte de los casos, destinadas únicamente a fuentes de reposición de agua.

Para la aceptación de una fuente inagotable como fuente de alimentación, se estudian todas las circunstancias que pueden influir en su seguridad de funcionamiento, entre las que cabe destacar:

- Sequía estacional.
- Desbordamientos, inundaciones o temporales marinos.

- Diferencias de cota notables entre niveles máximo y mínimo de agua.
- Heladas importantes.

Normalmente, las fuentes inagotables empleadas como fuentes de alimentación van asociadas a un equipo de bombeo que aspira directamente de ellas. En este caso, para evitar la entrada de fangos, sedimentos o cualquier otro material en la red general de incendios o el equipo de bombeo, están equipadas con un tamiz doble (de finos y de gruesos), desmontable para limpieza y con los filtros adecuados.

c) Depósitos:

Los depósitos deben tener suficiente capacidad como para garantizar el caudal necesario en los sistemas de protección contra incendios durante el tiempo de autonomía requerido. Los depósitos con capacidad insuficiente que requieren la reposición de parte de la misma durante el funcionamiento en una emergencia, para asegurar el caudal en los sistemas de protección contra incendios durante el tiempo de autonomía requerido, sólo se admiten en casos excepcionales.

1. Depósitos de aspiración y elevados:

Estos depósitos, junto con las redes públicas, son las fuentes de alimentación más habituales en los abastecimientos de agua a sistemas de protección contra incendios.

Los depósitos de aspiración y elevados pueden ser comunes con otros usos industriales. Aunque se acepta la utilización conjunta de los depósitos de reserva con otros usos, ésta no es recomendable ya que, al estar renovándose constantemente el agua de usos industriales, el depósito se convierte en una balsa de decantación con gran acumulación de sedimentos, especialmente si el agua no es filtrada. Por consiguiente, es conveniente extraerlos frecuentemente porque pueden llegar a obstruir las tuberías de la instalación. Además, si el depósito es de acero, y debido a la renovación del agua, se acentuará la corrosión y será necesario reponer más frecuentemente la pintura protectora.

Para aceptar el uso compartido, es condición indispensable que esté siempre garantizada para el uso exclusivo de incendios la reserva de

agua requerida por los sistemas de protección contra incendios. El único método admitido para que los depósitos de reserva sean comunes a varios usos es que la diferencia de cotas de las tomas de los sistemas de impulsión (equipo de bombeo o presión de altura) sea tal que garantice la capacidad requerida para el uso exclusivo de incendios. No se admite que las tomas estén a la misma cota (figura 24). En estos depósitos, destinados a usos industriales y de incendios, es conveniente la instalación de alarmas de bajo nivel de la reserva destinada a usos industriales.

Los depósitos de reserva deben contar con una fuente fiable de reposición de agua, capaz de garantizar la reposición de la capacidad de uso exclusivo para incendios en menos de 24 horas. La reposición automática de agua exige la existencia de un interruptor de nivel que abra y cierre la fuente de reposición.

Los depósitos de aspiración y elevados han de disponer de un rebosadero adecuado en su nivel máximo, para el caso de fallo en el corte de la fuente de reposición, conducido a un drenaje que sea visitable, para que pueda comprobarse si existe rebosamiento.

Para evitar el funcionamiento en vacío del equipo de bombeo, los depósitos de aspiración han de contar con una alarma óptica de bajo nivel

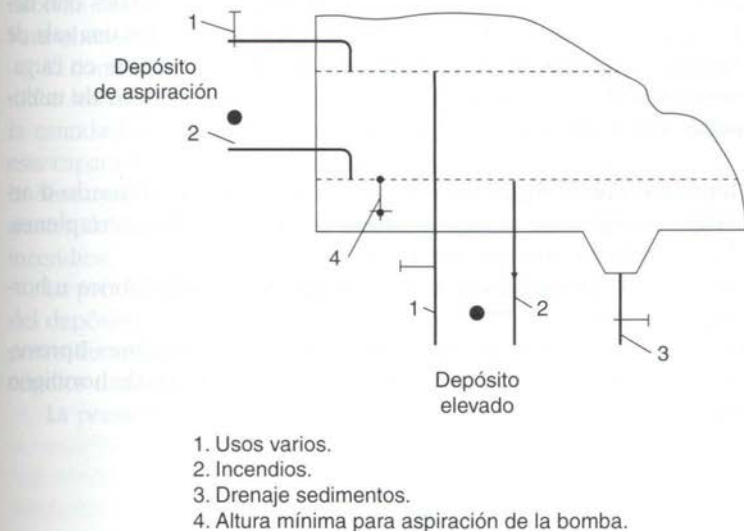


Figura 24. Toma de usos varios y toma de incendios en depósitos de uso compartido.

de agua que actúe cuando el nivel de reserva esté próximo al mínimo admisible para las condiciones de aspiración de la bomba (aproximadamente cuando quede un 5 % de la reserva total por encima de dicho mínimo). Están dotados, además, de una alarma óptica y acústica que actúa cuando el nivel del agua alcanza el mínimo admisible para las condiciones de aspiración de la bomba.

Siempre que la bomba principal entre en funcionamiento, una persona especialmente preparada supervisa su correcto funcionamiento. Esta misión ha de estar recogida en el plan de emergencia para el caso de incendio; en pruebas periódicas, especialmente cuando éstas supongan un consumo elevado de agua o cuando se empleen las bombas para vaciado de los depósitos, esta persona supervisa el funcionamiento del equipo.

El equipo de bombeo para los depósitos de aspiración se sitúa de modo que se reduzca al mínimo la longitud del colector de aspiración.

Los depósitos de reserva no deben estar situados en lugares en los que puedan verse afectados por un incendio o sufrir daños por cualquier otra causa.

Para los depósitos de aspiración sobre superficie, las bombas adecuadas son las centrífugas horizontales.

Cuando se emplean depósitos bajo superficie deben utilizarse bombas centrífugas verticales. Se emplean bombas centrífugas horizontales con depósitos de aspiración bajo superficie si aquéllas están situadas en una sala de bombas también bajo superficie, de manera que trabajen siempre en carga.

Los depósitos de reserva de agua pueden estar contruidos de múltiples maneras y con diversidad de materiales:

- Depósitos sobre superficie: de acero, hormigón pretensado o armado, madera, de manta asfáltica o plástica sobre terraplenes, obra de fábrica, mampostería, etc.
- Depósitos bajo superficie: normalmente de obra de fábrica u hormigón armado.
- Depósitos elevados: de tipos similares a los anteriores aprovechando desniveles del terreno o en torres metálicas, de hormigón armado o de madera.

2. Depósitos de presión:

Los depósitos de presión, como ya se indicó, son cerrados; en ellos, la presión del agua está asegurada por un gas a presión contenido en el

mismo. Siempre que ello es posible, la presurización se realiza mediante aire comprimido; en caso contrario, se emplea nitrógeno. Estos depósitos deben contar con medios adecuados para el mantenimiento automático de la presión interior. Cuando se emplea aire comprimido, el medio normal de mantenimiento de presión es un compresor.

Los depósitos de presión se construyen normalmente de acero. Han de cumplir la reglamentación vigente sobre aparatos o recipientes a presión (en España, el Reglamento de Aparatos a Presión y sus correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias).

El uso de depósitos de presión como fuente de alimentación de abastecimiento de agua en sistemas de protección contra incendios es exclusivo. No se admite el empleo compartido con cualquier otro uso.

Cuando un depósito de presión sea la única fuente de alimentación de un abastecimiento de agua, estará provisto de un sistema de alarma adecuado para indicar tanto la baja presión de aire como el bajo nivel de agua. El sistema de alarma ha de estar alimentado por un circuito eléctrico independiente del de alimentación del compresor; además, es recomendable la existencia de un equipo de baterías.

La capacidad de un depósito de presión es su contenido total, tanto de aire como de agua, sin incluir los extremos abombados. La capacidad máxima habitual en depósitos de presión es de aproximadamente 35 m³. Para obtener mayores reservas se emplea más de un depósito.

El contenido de agua de un depósito de presión está comprendido, en todos los casos, entre 1/3 y 2/3 de la capacidad total del mismo, aunque la cantidad de agua normalmente empleada es de 2/3 de su capacidad; esta capacidad se reduce si se deben evitar presiones iniciales (al inicio de la descarga, cuando la presión es mayor) inaceptables para los componentes del abastecimiento de agua de los sistemas de protección contra incendios.

La presión del aire se calcula de forma que el final de la reserva salga del depósito a una presión igual o superior a la mínima necesaria para el punto de aplicación más exigente de los sistemas de protección contra incendios instalados.

La presión de aire se calcula empleando la siguiente expresión:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Las presiones empleadas en esta fórmula son absolutas, no manométricas.

P_1 = Presión inicial del aire = Presión manométrica + Presión atmosférica = $P_{m1} + P_a$

P_2 = Presión residual necesaria + Presión de altura + Pérdida de carga en tuberías + Presión atmosférica = $PR + PH_2 + P_c + P_a$.

V_1 = Volumen inicial de aire. ($V_1 = A_1 \cdot V_2$).

V_2 = Volumen final de aire (volumen total).

$$A = \text{Proporción de aire inicial: } \frac{V_1}{V_2}$$

Luego, con presiones manométricas en bares (si Presión atmosférica = 1 bar), la fórmula quedará:

$$P_{m1} = [(PR + PH_2 + P_c) + 1 \text{ bar}] \frac{V_2}{V_1} - 1 \text{ bar}$$

$$\text{como: } \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{A}$$

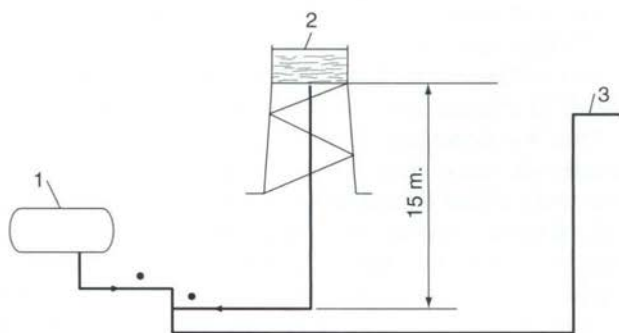
$$P_{m1} = \frac{(PR + PH_2 + P_c) + 1}{A} - 1$$

Los depósitos de presión deben situarse preferiblemente encima del nivel del punto de aplicación más alto, aunque puede aceptarse que estén a un nivel menor, incluso en un sótano.

Los depósitos de presión han de contar con un equipo de bombeo y una fuente de reposición de agua, seguros y fiables, capaces de recargar la capacidad total de agua en un máximo de 4 horas. El compresor de presurización del depósito está normalmente instalado en el mismo local que el depósito. Ha de ser capaz de proporcionar 0,45 m³/min de caudal de aire para depósitos de hasta 27,5 m³ de capacidad total y 0,60 m³/min para depósitos de mayor capacidad.

Cuando un abastecimiento de agua cuenta, como fuentes de alimentación, con un depósito elevado y un depósito de presión conectados mediante una conducción vertical común, se puede presentar una situación conocida como «obstrucción por aire» (*air lock*). Este fenómeno se presenta cuando la presión de la columna de agua sobre la válvula de retención de salida del depósito elevado es menor que la presión del aire

contenido en el depósito de presión, después de haberse vaciado completamente de agua, y los puntos de aplicación de agua de los sistemas de protección están situados a un nivel superior al del punto de conexión de ambos depósitos a la conducción común (figura 25).



1. Depósito de presión.
2. Depósito elevado.
3. Puntos de aplicación de los sistemas de protección contra incendios.

Figura 25. *Conexión de depósito elevado y de presión para evitar la obstrucción por aire.*

En condiciones normales, la obstrucción por aire puede evitarse conectando las tuberías de descarga de los depósitos de gravedad y presión 15 metros o más por debajo del fondo del depósito de gravedad y colocando la válvula de retención de dicho depósito al nivel de esta conexión.

3. Vaciado de los depósitos:

Si en un abastecimiento de agua la única fuente de alimentación es un depósito de reserva, cualquiera que sea su tipo, se han de elaborar procedimientos operativos especiales, dentro del manual de autoprotección del riesgo, para los períodos de tiempo de vaciado de los depósitos por mantenimiento y/o limpieza. En estos períodos se extreman las medidas preventivas y se llega a la parada de los procesos más peligrosos, dada la ausencia de sistemas de protección contra incendios.

Por este motivo es recomendable contar con una segunda fuente de alimentación alternativa (desde la red pública a un segundo depósito de re-

serva). Una práctica recomendable es la utilización de depósitos divididos en dos mitades de manera que nunca se vacíen simultáneamente. En el caso de no contar con una segunda fuente adecuada, se recomienda la existencia de una fuente de emergencia que sea capaz de alimentar a algún sistema de protección contra incendios (por ejemplo, la red pública alimentando exclusivamente a la instalación de bocas de incendio equipadas, quedando fuera de servicio otras instalaciones como rociadores, hidrantes, etc.).

Debido al riesgo que plantea la ausencia de protección en períodos de mantenimiento o limpieza de los depósitos, se recomienda que su construcción sea de la calidad adecuada para garantizar períodos largos entre revisiones. Para los depósitos de aspiración no se aceptan períodos de tiempo menores de cinco años entre vaciados para mantenimiento, recomendándose una calidad de construcción tal que permita períodos entre revisiones de, al menos, quince años. En los depósitos de acero elevados o de aspiración se somete a revisión la pintura, al menos, cada dos años.

En los depósitos de uso compartido tiene que existir un drenaje para vaciado de sedimentos en su fondo; debe procederse a la extracción de los mismos al menos una vez al año, si el agua proviene de una fuente filtrada; si el agua no se filtra, esta operación se realiza con mayor frecuencia.

El interior de los depósitos de presión se inspecciona cada tres años para determinar si existe corrosión y si es necesario reponer la pintura o repararla. Las válvulas de alivio se probarán al menos una vez al mes. Estas revisiones se efectúan con independencia de las que exija la reglamentación vigente de aparatos a presión.

Los demás componentes de los depósitos de abastecimiento se someten a un mantenimiento periódico, incluido dentro del plan de mantenimiento, que abarque a todos los componentes del abastecimiento de agua, así como a los sistemas de protección contra incendios con que cuenta el riesgo.

Sistemas de impulsión

El principal sistema de impulsión está constituido por los equipos de bombeo. Un equipo de bombeo, empleado como sistema de impulsión en un abastecimiento de agua para sistemas de protección contra incendios, está compuesto por los siguientes elementos:

- Bombas principales.
- Bomba jockey.

- Tablas de control.
- Accesorios y material diverso (tubería, válvulas, presostatos para automatismo, manómetros, etc.).

a) Bombas:

Las bombas principales han de ser centrífugas horizontales o verticales (figuras 26-28), aprobadas para su uso en abastecimientos de agua para sistemas de protección contra incendios. Dentro de las bombas centrífugas horizontales son adecuadas, por orden de preferencia, las de cámara partida horizontalmente y las de cámara partida verticalmente.

Las bombas de cámara partida horizontalmente han de ser preferiblemente de una etapa, pues en ellas es menor la variación de la presión respecto del caudal que en las de varias etapas (figura 26).

Las bombas de cámara partida verticalmente han de ser de fácil mantenimiento, de tal forma que la extracción del rodete no exija la del motor, el desembriado de los colectores de aspiración e impulsión ni el desalineamiento del conjunto. Son, preferiblemente, de una etapa. No se utilizan, por lo general, con capacidades superiores a 125 m³/h (figura 27).

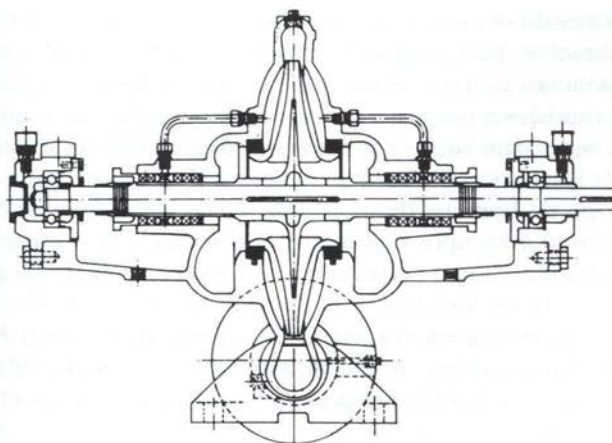


Figura 26. Sección de una bomba centrífuga horizontal de cámara partida horizontalmente (Worthington).

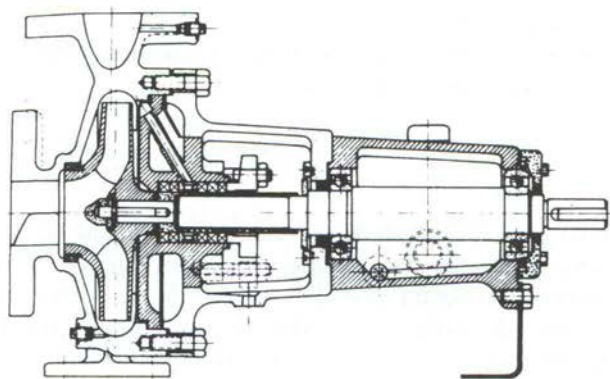


Figura 27. Sección de una de bomba centrífuga de cámara partida verticalmente (Worthington).

Un equipo de bombeo de incendios siempre ha de ser capaz de satisfacer el punto de demanda (P y Q) de los sistemas de protección contra incendios más desfavorables que puedan funcionar simultáneamente.

Un equipo de bombeo de incendios está formado, al menos, por una bomba o conjunto de bombas capaces de satisfacer dicho punto de demanda. Cuando el equipo de bombeo de incendios está formado por dos o más bombas, para satisfacer en conjunto las prestaciones requeridas del abastecimiento de agua, el montaje de éstas se realiza en paralelo, sumando sus caudales a igual presión de funcionamiento. Las bombas no se instalan en serie, para sumar sus presiones a igual caudal; se prefiere, en este caso, la instalación de bombas multicelulares.

Un equipo de bombeo de incendios puede tener diversas configuraciones en cuanto a los tipos de bombas empleadas, a la existencia de más de una bomba o conjunto de bombas capaces de satisfacer las prestaciones de abastecimiento del agua y de los motores de accionamiento de dichas bombas. La configuración final de un equipo de bombeo dependerá del grado de «fiabilidad» que se quiera dar a la instalación. La fiabilidad necesaria del equipo de bombeo dependerá de diversos factores; entre otros:

- Riesgo de incendio.
- Valores económicos expuestos.
- Peligro para la vida de las personas.

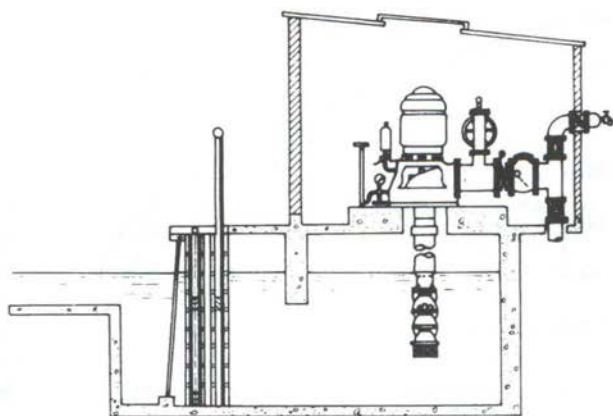


Figura 28. Instalación de bomba centrífuga vertical.

El equipo de bombeo básico, de menor fiabilidad, es el formado por una única bomba principal con motor de accionamiento eléctrico. Los conjuntos de bombas en paralelo son más fiables sólo si al menos uno de ellos es de reserva (por ejemplo, 3 bombas, donde cada una de ellas proporciona el 50 % del caudal nominal requerido); en caso contrario, es más fiable una única bomba.

En el caso de incendios se consideran más fiables los motores de accionamiento diesel, al no depender de un suministro energético exterior.

El equipo de bombeo de incendio más usual, pero no el único, es el formado por dos bombas principales, una con motor de accionamiento eléctrico y la otra diesel, capaces cada una de ellas de satisfacer las prestaciones requeridas al abastecimiento de agua.

b) Curva característica:

La curva característica (figura 29) de un abastecimiento de agua contra incendios, en general, y de las bombas de incendios, en particular, proporciona la información del comportamiento hidráulico del sistema, es decir, indica los valores de presión correspondientes a distintas demandas (caudales de agua). Puesto que los sistemas de agua contra incendios utilizan *chorros* (más o menos sofisticados) en los que la presión determina el alcance o la distribución de agua a lo ancho de una superficie, siempre

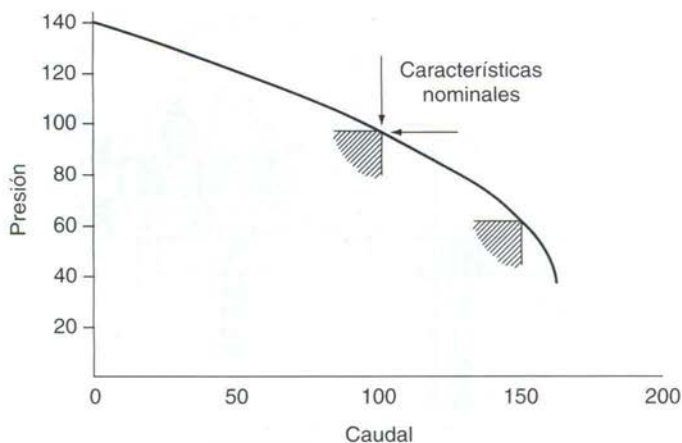


Figura 29. Curva característica de bomba para abastecimiento de agua a sistemas de protección contra incendios.

es deseable contar con un abastecimiento de agua en el que la presión no varíe de forma apreciable con el número o tamaño de los chorros que se pongan en juego (es decir, con los caudales de demanda). Por ello, es preferible que la curva característica sea lo más *plana* posible, lo que indica pequeñas variaciones de presión entre distintas demandas de caudal.

La curva característica de las bombas de incendios debe cumplir las condiciones que se indican a continuación.

La curva debe ser siempre descendente, presentando la presión máxima a caudal cero.

Pasará por un punto, denominado nominal (presión nominal, caudal nominal), en el que se cumpla lo siguiente:

- A caudal cero, la presión no superará el 140 % de su presión nominal.
- Al 150 % de su caudal nominal, la presión será superior al 65 % de su presión nominal.

Las bombas principales se seleccionan dentro del rango de operación del 90 al 150 % de su capacidad nominal. El margen ideal de selección se da cuando el caudal de demanda de los sistemas de protección contra incendios esté situado entre el 120 y el 130 % del caudal nominal de la

bomba. En este margen es en el que se obtiene un mejor equilibrio entre seguridad y economía.

c) Instalación. Características generales:

Las bombas centrífugas horizontales para incendios trabajan siempre en carga (aspiración positiva). Si la ubicación relativa de bomba y depósito no permitieran que la bomba horizontal trabajara en carga, se empleará una bomba centrífuga vertical. Una bomba centrífuga horizontal con posibilidad de descebamiento añade un riesgo innecesario de fallo en el momento de su utilización. Así pues, no se debe usar esta configuración, aunque se cuente con depósito de cebado con reposición automática de agua.

La instalación de una bomba implica la utilización de diversos equipos y accesorios distribuidos fundamentalmente en la tubería de aspiración y la de impulsión. El colector de aspiración sólo tiene sentido en las bombas centrífugas horizontales, ya que en las bombas centrífugas verticales el cuerpo de impulsores se encuentra sumergido en el agua.

En una bomba centrífuga horizontal la concepción del colector de aspiración es clave para su correcto funcionamiento, por ello, este colector ha de tener, entre otras, las siguientes características:

- Ser lo más corto y recto posible.
- No formar sifones en los que se pueda alojar aire imposible de purgar, pues las bombas centrífugas sólo pueden trabajar perfectamente cebadas, sin aire en su carcasa.
- No tener instalados codos consecutivos en distintos planos, pues pueden producir la prerrotación del agua.
- En bombas centrífugas horizontales de doble aspiración no se instalan codos en el mismo plano que el eje de la bomba, pues este montaje produce una aspiración desequilibrada. Se pueden instalar en el mismo plano que el eje de la bomba curvas de radio largo separadas de la brida de aspiración de la bomba una distancia mayor del doble del diámetro del colector de aspiración.
- Una tubería de aspiración puede alimentar a varias bombas aunque deban funcionar simultáneamente si su tendido se efectúa de manera que cada bomba reciba su parte proporcional del caudal.
- El diámetro del colector de aspiración de una bomba o conjunto de bombas que deban funcionar simultáneamente será tal que el NPSH (altura neta positiva de aspiración, o, dicho de otra forma, di-

ferencia entre la presión residual absoluta y la presión de vapor del agua en el lugar y en las condiciones de uso) disponible en la brida de aspiración, con la bomba o conjunto de bombas funcionando al 150 % de su caudal nominal o de la suma de sus caudales nominales, sea de, al menos, 5,8 metros de columna de agua (es conveniente recordar que el NPSH disponible disminuye con la elevación sobre el nivel del mar, puesto que la presión atmosférica pierde aproximadamente 1 m.c.a. por cada 1.000 m de altura).

- En todo caso, el diámetro del colector de aspiración ha de ser tal que el NPSH disponible sea mayor que el NPSH requerido (en cualquier punto de la curva característica de la bomba), facilitado por el fabricante del equipo, si éste es mayor que el dado en el punto anterior.
- El diámetro de un colector ha de ser tal que, si alimenta a una bomba o conjunto de bombas que deban funcionar simultáneamente, si la bomba o cada una de las que forman el conjunto funciona a su caudal nominal, la velocidad del agua en aquél ha de ser inferior a 1,8 m/s, a no ser que dichas bombas hayan sido aprobadas para su uso en incendios con valores superiores a éste.
- Si es un colector que alimenta a varias bombas, que no tienen por qué funcionar simultáneamente, el diámetro del mismo ha de ser tal que si todas las bombas funcionan simultáneamente al 150 % de su caudal nominal, la velocidad del flujo será inferior a 6 m/s.

El colector de aspiración de una bomba centrífuga debe contar, al menos, con los siguientes elementos (ver figura 30):

- Placa antivórtice. Esta placa, normalmente cuadrada de 1,2 m de lado, tiene como misión evitar turbulencias en la entrada del colector de aspiración. No se instalan filtros en la aspiración de las bombas centrífugas horizontales. En las bombas centrífugas verticales se instala un filtro en la aspiración.
- Juntas flexibles de tipo ranurada mecánica. No juntas antivibratorias de caucho.
- Válvula de corte indicadora, siempre de compuerta de husillo ascendente, lo más alejada posible de la brida de aspiración de la bomba.
- Cono reductor excéntrico, con la generatriz horizontal hacia arriba.
- Vacuómetro o manovacúmetro.

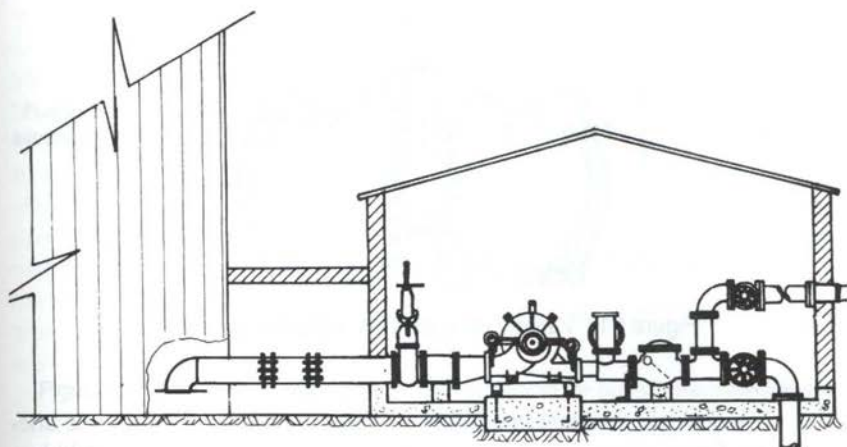


Figura 30. Instalación de bomba horizontal con aspiración de depósito sobre superficie.

En la parte superior de la cámara de las bombas centrífugas horizontales habrá una purga automática de aire.

El colector de impulsión contará, por este orden, con los siguientes accesorios:

- Cono reductor, preferiblemente excéntrico y con la generatriz horizontal hacia arriba.
- Manómetro.
- Válvula de alivio, aprobada para su uso en bombas de incendio. Estas válvulas se instalan en todas las bombas de incendios accionadas por motores de velocidad variable, como los diesel. También es recomendable instalar válvulas de alivio para refrigeración del rodete en condiciones de «caudal cero» en bombas accionadas por motores de velocidad fija, como los motores eléctricos habituales. Estas últimas válvulas tienen diámetros mucho menores (1" o 1½") que las de motores de velocidad variable. La salida de la válvula se conduce al depósito o a un drenaje seguro.
- Válvula de retención. Si es previsible la ocurrencia de golpes de ariete en grandes instalaciones de protección contra incendios, la válvula de retención instalada ha de ser antigolpe de ariete aprobada para este uso (figura 31). Este tipo de válvula es el primer ele-

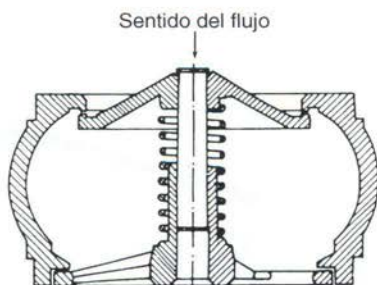


Figura 31. *Válvula de retención antigolpe de ariete.*

mento que se instala para amortiguar los efectos del golpe de ariete. Estas válvulas se deben tener en cuenta en los cálculos debido a su gran pérdida de carga; no se admiten válvulas de retención antigolpe de ariete con pérdidas de carga superiores a 0,5 bar.

- Conexión a presostato de arranque.
- Derivación a caudalímetro o colector de pruebas. Si se emplea caudalímetro, éste ha de ser aprobado para el uso en protección contra incendios, y capaz de medir, al menos, el 175 % del caudal nominal de la bomba principal o de la suma de los caudales nominales de las bombas que deban funcionar simultáneamente. Esta derivación se ejecuta preferiblemente de manera que la descarga del caudalímetro o del colector de pruebas se produzca en el depósito de reserva. Esta derivación contará con una válvula de corte, que será preferiblemente de mariposa.
- Válvula de corte indicadora, de mariposa o de compuerta de husillo ascendente, en la conexión con la red general de incendios, tan próxima a la bomba como sea posible.
- Acumulador hidroneumático antigolpe de ariete, cuando sea previsible este fenómeno. Este acumulador se instala después de la válvula de corte y tan cerca como sea posible de la bomba; ha de ser de baja capacidad, específico para el uso como antigolpe de ariete, aprobado para su uso en equipos de bombeo contra incendios y del tipo de membrana de caucho presurizada con nitrógeno.

En equipos de bombeo de abastecimiento de agua a sistemas de protección contra incendios no se admitirá el empleo de manguitos antivibratorios de caucho en los colectores de impulsión.

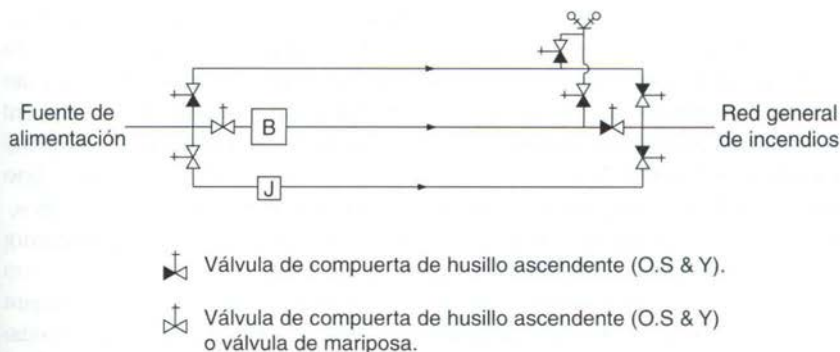


Figura 32. Diagrama esquemático de instalación de bomba de incendios aspirando de red pública con by pass.

Cuando una bomba aspira de una fuente que puede dar suficiente presión, se instala un *by-pass* (figura 32).

d) Equipos de bombeo accionados por motor eléctrico:

Las líneas eléctricas de alimentación a motores eléctricos de accionamiento de bombas de incendios se tienden directamente desde el secundario del transformador del riesgo, con una línea independiente de cualquier otro uso, dotada de sus propias protecciones, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La línea no tiene que tener su origen físico en el secundario del transformador, sino en el embarrado de las tablas generales de baja tensión. En caso de no existir transformador, la línea ha de ser exclusiva desde la acometida general.

La alimentación eléctrica más segura y fiable es aquella que, desde la línea de alta tensión, sea exclusiva para el uso de incendios, contando con su propio transformador y protecciones.

Las líneas eléctricas de alimentación a motores eléctricos de accionamiento de bombas de incendio no estarán expuestas a daños por incendio o cualquier otra causa (derrumbe, inundación, etc.).

Los motores eléctricos adecuados para el accionamiento de bombas contra incendios han de ser los asíncronos de rotor en jaula de ardilla. El arranque del motor se realiza directamente desde la línea si las caracte-

rísticas de puesta en marcha son aceptables para la compañía suministradora, al no perturbar el funcionamiento de las redes de distribución.

Si existen objeciones de la compañía suministradora por la caída de tensión originada por el arranque, se emplea un método de puesta en marcha con resistencia primaria o autotransformador. También se admiten, aunque es el método menos deseable, los arranques estrella-triángulo. Los motores eléctricos de accionamiento se dimensionan para dar, al menos, la potencia máxima absorbida por la bomba en el punto de máximo consumo, que es el del 150 % del caudal nominal.

Cuando se usan motores con rotor en jaula de ardilla y arranque directo, la caída de tensión en el arranque no debe ser tan grande que impida su puesta en marcha; es decir, no más del 10 % de la tensión normal. Los motores y tablas eléctricos deben estar protegidos contra polvo, goteo y cualquier otra condición adversa que pudiera darse en la sala de bombas.

El acoplamiento motor-bomba se realiza mediante cualquier tipo de acoplamiento flexible adecuado en bombas centrífugas horizontales. En bombas centrífugas verticales, el motor puede instalarse horizontalmente o verticalmente. Si el motor es horizontal, el acoplamiento ha de ser similar al de los motores diesel mediante un engranaje cónico. Si el motor es vertical, es preferible de eje hueco. En ambos casos ha de ser posible la regulación del juego de los impulsores respecto de su carcasa.

e) Equipos de bombeo accionados por motor diésel:

Los motores diesel de uso adecuado han de ser los aprobados para su empleo en abastecimiento de agua para sistemas de protección contra incendios y uso estacionario. No se admiten los motores de automoción. Son adecuados tanto los motores de aspiración natural como los sobrealimentados. La refrigeración se realiza por agua en circuito cerrado, con intercambiador agua-agua.

La potencia del motor de accionamiento ha de ser, al menos el 110 % de la máxima potencia absorbida por la bomba al final de su curva, al 150 % de su caudal nominal. La potencia del motor se aumenta un 3 % por cada 300 m de elevación, a partir de 100 m, sobre el nivel del mar. Igualmente, la potencia se aumenta un 1 % por cada 5 °C de temperatura ambiente por encima de los 25 °C. En cualquier caso el motor se dimensiona para soportar al menos cuatro horas de funcionamiento continuo con la bomba trabajando en condiciones nominales de funcionamiento.

El acoplamiento motor-bomba se realiza mediante una junta cardan y un conjunto de engranajes en ángulo (bombas centrífugas verticales) o mediante cualquier tipo de acoplamiento flexible adecuado (bombas centrífugas horizontales). El acoplamiento del motor de accionamiento con la bomba ha de permitir desmontar uno sin necesidad de desmontar el otro.

El motor dispone de un regulador automático de la velocidad de giro, ajustable *in situ*, capaz de mantenerla en un rango de un 10 % entre las revoluciones de máxima carga y la de corte de inyección. Asimismo, el motor ha de disponer de un control de sobrevelocidad, capaz de parar el motor cuando su velocidad supere en un 20 % la velocidad nominal.

El motor ha de ser capaz de arrancar automáticamente a 4 °C y de aceptar la plena carga en no más de 15 s a partir de la orden de demanda. La temperatura mínima de la sala de bombas ha de ser la recomendada por el fabricante del motor diesel de accionamiento y nunca será menor de 5 °C.

El motor dispone de un cuadro de control que ha de contar con los siguientes elementos:

- Interruptor de contacto con llave.
- Tacómetro.
- Cuentahoras de funcionamiento.
- Termómetro de agua.
- Manómetro de presión de aceite.

El sistema de arranque es de tipo eléctrico con baterías. Cada motor diesel ha de contar con dos juegos de baterías capaces cada uno de realizar durante tres minutos seis ciclos consecutivos, compuestos cada uno por un intento de arranque de 15 s y un tiempo de reposo de otros 15 s.

La orden de arranque se efectúa por cierre del contacto del presostato por bajada de presión en la red. Los contactores de arranque desde las baterías han de ser susceptibles de actuación mecánica-manual en caso de fallo en los circuitos de control.

La capacidad del depósito de combustible es de 5 l por kW, más un 5 % para expansión y otro 5 % del volumen que queda por debajo de la bomba de combustible.

f) Control:

El cuadro de control del equipo de bombeo ha de contar con los equipos, mandos de arranque, control de marcha y alarmas necesarias para su correcto funcionamiento. Los tablas de control de las bombas principales eléctricas y diesel han de ser independientes.

Los cuadros de control del equipo de bombeo estarán situados en la sala de bombas, en una ubicación en la que no puedan sufrir salpicaduras de agua desde las bombas o conducciones del equipo de bombeo y protegidos contra polvo y cualquier otra condición adversa que pudiera darse en la sala de bombas. Los cuadros de control del equipo de bombeo no han de ser comunes a otros equipos. Se admite que el cuadro de la bomba eléctrica sea común a la bomba jockey. Incluso podrán contar con una línea eléctrica común, aunque en el cuadro se deriva, contando cada bomba con su propia protección.

Las bombas principales tienen arranque automático y manual y parada únicamente manual. Los cuadros de control de cada una de las bombas de un conjunto de bombas en paralelo que deban funcionar simultáneamente incorporan un dispositivo de temporizado secuencial que impide que dos o más motores arranquen simultáneamente. La temporización entre el arranque de dos motores está comprendida entre 5 y 10 s.

El fallo en el arranque de uno de los motores no debe suponer el fallo de los posteriores. El arranque automático se efectúa normalmente por caída de presión en la red, mediante presostatos situados en el colector de impulsión (al menos uno para cada bomba principal y otro para la bomba jockey). En algunas ocasiones el arranque puede producirse mediante detectores de flujo. La parada ha de ser únicamente manual y, en caso de emergencia, sólo se efectúa cuando así lo indica la autoridad competente.

Se admite la parada automática después de un arranque automático con una temporización de, al menos, 10 min, y sólo en bombas con motor de accionamiento eléctrico.

El cuadro de control de un equipo de bombeo con motor de accionamiento eléctrico ha de contar con los siguientes elementos de mando y control:

- Interruptor general, operable manualmente.
- Protección mediante disyuntores magnéticos. No se admiten los dispositivos magnetotérmicos o térmicos en la línea entre el cuadro general de baja tensión y el motor de accionamiento de la bomba.

- Dispositivo de arranque, que ha de ser de tipo magnético, con contacto en cada fase activa. El período de aceleración del motor no excederá de 10 s.
- Arranque y parada operables manualmente.
- Selector manual-automático-fuera de servicio.
- Voltímetro, amperímetro y medidor del factor de potencia, con control en cada fase.

Además existirán pilotos dobles para la señalización de:

- Tensión eléctrica adecuada en la red.
- Funcionamiento automático.
- Funcionamiento manual. En este caso existirá una alarma acústica, que se activa siempre que cualquier interruptor o conmutador bloquee el arranque automático.
- Bajo voltaje o falta de tensión en una o más fases, con alarma acústica.
- Bomba en demanda (fallo en el arranque automático).
- Bomba en marcha.

El cuadro de control contará con un pulsador de prueba de lámparas. Cualquier mecanismo o circuito que se desenclave por falta de tensión se repondrá automáticamente al restablecerse la misma.

El cuadro de control de un motor diesel de accionamiento de un equipo de bombeo ha de contar con los siguientes elementos de mando y control:

- Mando automático de arranque.
- Arranque y parada operables manualmente. El circuito de arranque normal, independiente del de arranque automático; los únicos elementos comunes han de ser las baterías y el motor de arranque.
- Sistema manual de parada de emergencia que bloquee el arranque automático pero no el manual.
- Selector manual-automático-fuera de servicio.
- Instrumentación del estado de carga de las baterías (voltímetro y amperímetro) con control de la carga de cada equipo de baterías.

Además, existirán pilotos dobles para la señalización de:

- Funcionamiento automático.
- Funcionamiento manual. En este caso existirá una alarma acústica que se activa siempre que cualquier interruptor o conmutador bloquee el arranque automático.

- Tensión eléctrica adecuada en el cargador de baterías.
- Bajo voltaje o falta de tensión en el cargador de baterías, con alarma acústica.
- Falta de tensión en el contactor del motor de arranque, con alarma acústica.
- Carga de baterías en deficiente estado, con alarma acústica, para cada equipo de baterías.
- Alta temperatura del agua, con alarma acústica.
- Baja presión de aceite, con alarma acústica (excepto a motor parado).
- Exceso de velocidad, con alarma acústica (a partir del 10 % de exceso sobre la velocidad nominal).
- Bomba en demanda, orden de arranque automático; si se produce un fallo en el arranque, se activará una alarma acústica (al realizarse sin éxito un ciclo completo de arranque).
- Bajo nivel de combustible, con alarma acústica.

El cuadro contará con pulsador de pruebas de lámparas.

Los cuadros de control, tanto para motores de accionamiento eléctrico como diesel, contarán con un pulsador para detener la alarma acústica.

La temperatura mínima en las salas de bombas en las que existan equipos de bombeo con motor de accionamiento diesel no ha de ser menor de la recomendada por el fabricante de los mismos. La temperatura mínima habitual es de 20 °C.

g) Sala de bombas:

La ubicación de la sala de bombas debe ser tal que no esté expuesta a posibles incendios en edificios próximos o a daños por cualquier otra causa (inundaciones, derrumbes, etc.). La ubicación adecuada de una sala de bombas es sobre superficie, aunque puede aceptarse la ubicación bajo superficie siempre que no sea posible la inundación de la misma, exista un sistema de drenaje adecuado y la accesibilidad al interior sea correcta.

La sala de bombas contará con un equipo de calefacción capaz de mantener la temperatura mínima admitida y con una ventilación adecuada para alimentar de aire a los motores diesel, eliminar los gases de combustión que se filtren a la misma y limitar a 10 °C el ascenso máximo de la temperatura ambiente con los equipos diesel funcionando a plena carga durante 90 minutos.

La sala de bombas debe contar con un drenaje o sistema de achique adecuado que impida su inundación por fugas o por cualquier otra causa.

h) Bomba jockey:

Las bombas principales no deberán arrancar de forma periódica para mantener presurizada la red. Para este uso, y la reposición de las fugas admisibles, los equipos de bombeo de abastecimientos de agua a sistemas de protección contra incendios cuentan con las bombas conocidas como «jockey».

Estas bombas son de arranque y parada automática, mediante presostatos que actúan ante la bajada de presión en la red, aunque también cuentan con arranque y parada manual. Son normalmente bombas centrífugas horizontales de platos y están dotadas, al igual que las bombas principales, con una válvula de compuerta de husillo ascendente en el colector de aspiración y una válvula de retención y una de compuerta de husillo ascendente o de mariposa en el de impulsión.

En el caso de equipos de bombeo verticales, las bombas jockey han de ser preferiblemente de tipo sumergido, de platos, con el cuerpo en acero inoxidable. Esto se debe fundamentalmente a motivos económicos, al no estar justificado el coste de una bomba centrífuga vertical como bomba jockey.

Para el control del funcionamiento de la bomba jockey y para comprobar la existencia de fugas importantes en la red general de incendios, existirá un doble piloto que señale el funcionamiento de la bomba y un cuentaarranques de la misma. También es recomendable la existencia de un cuentahoras de funcionamiento.

La presión de descarga de la bomba jockey ha de ser mayor que la presión de mantenimiento de los sistemas de protección contra incendios y mayor que la presión nominal de las bombas principales.

La presión de tarado del presostato de arranque de la bomba jockey ha de ser igual a la presión nominal de la bomba principal, más la presión estática de aspiración, más 0,7 bar. La presión de tarado del presostato de parada de la bomba jockey será la de mantenimiento de los sistemas de protección contra incendios.

La presión de tarado de los presostatos de arranque de las bombas principales será la presión nominal de la bomba más el 5 %, siempre que en este margen la presión sea al menos 0,5 bar menor que la de tarado

del presostato de arranque de la bomba jockey. La diferencia de presión de tarado de los presostatos de arranque de las bombas jockey y principal estará comprendida preferiblemente en el margen de 0,5 a 1 bar. Un margen similar se emplea entre las presiones de tarado de las bombas principales y las de reserva.

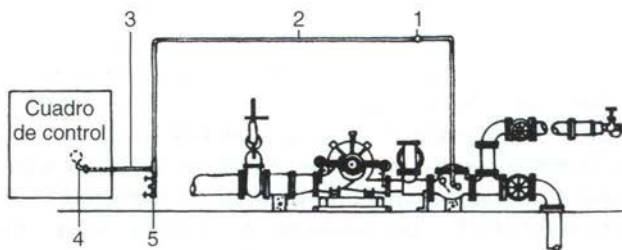
Cuando se tenga un conjunto de bombas que deban funcionar simultáneamente, la presión de tarado de los presostatos de arranque es la misma, pero, como ya se indicó, existirá un dispositivo de arranque secuencial de las mismas, mediante un temporizador.

Los presostatos se montan en tuberías conectadas en los colectores de impulsión entre las válvulas antirretorno y de control, como se aprecia en la figura 33. Su diámetro ha de ser al menos de 15 mm (1/2").

El caudal dado por la bomba jockey ha de ser capaz de reponer las fugas admisibles en la red de agua en menos de diez minutos (como mínimo debe proporcionar 15 m³/h).

En un abastecimiento de agua con dos fuentes de alimentación, si una de ellas es un depósito de reserva con equipo de bombeo asociado y la otra la red pública, no se utiliza ésta como medio de presurización de la red general de incendios, aunque tenga presión suficiente. Siempre que existan dos fuentes de alimentación, y una de ellas sea un depósito de reserva con equipo de bombeo asociado, existirá bomba jockey.

Las especificaciones incluidas en los párrafos anteriores definen unos equipos de bombeo adecuados para abastecimientos de agua a sistemas de protección contra incendios.



1. Válvula antirretorno con orificio calibrado de 3/32".
2. Tubería de al menos 1/2".
3. Tubería de 1/4".
4. Presostato.
5. Conexión para prueba de automatismo de arranque.

Figura 33. *Instalación de presostatos de mando de arranque.*

Condiciones generales para el cálculo de un abastecimiento de agua

El abastecimiento de agua debe tener unas prestaciones capaces de satisfacer la demanda total de los sistemas de protección contra incendios. Dado que un abastecimiento de agua puede alimentar a más de un sistema de protección contra incendios, para el cálculo del abastecimiento de agua sólo se tiene en cuenta el caso más desfavorable; es decir, el abastecimiento de agua debe satisfacer las demandas de los sistemas de protección contra incendios más desfavorables que puedan funcionar simultáneamente durante el tiempo de autonomía requerido.

El cálculo del abastecimiento de agua se justifica con cálculos hidráulicos. Así pues, se realizan los cálculos hidráulicos de los sistemas de protección contra incendios y, con las demandas (presión y caudal) de estos sistemas en el punto de conexión a la red general de incendios, se efectúa el cálculo hidráulico hasta la fuente de alimentación de agua del abastecimiento.

Si el abastecimiento alimenta a varios sistemas de protección contra incendios y existen dudas sobre cuál es la combinación más desfavorable de sistemas que pueden funcionar simultáneamente, se realizan cálculos justificativos de todas estas posibles combinaciones.

En los depósitos de aspiración, la capacidad del depósito no se calcula desde su nivel máximo al fondo del mismo, sino hasta el nivel mínimo admisible para las condiciones de aspiración de la bomba.

12.11

Selección del abastecimiento de agua

En los puntos anteriores se han estudiado los diversos componentes de los abastecimientos de agua a sistemas de protección contra incendios, así como los distintos tipos de soluciones válidas en cada uno de estos componentes y las características y especificaciones exigibles a cada uno de ellos. Así pues, existen varios abastecimientos de agua posibles de diferente adecuación, según el tamaño y peligrosidad del riesgo que se va a proteger.

La selección del abastecimiento de agua es función de diversos factores, entre otros:

12.11.1

- Clasificación del riesgo.
- Riesgo existente para las personas.
- Sistemas de protección contra incendios instalados.
- Valores económicos expuestos.

En todas aquellas industrias en que, por su tamaño, riesgo, grado de ocupación, peligro para las personas, altas concentraciones de valor o peligros especiales, la autoridad competente lo considere oportuno, será obligatoria la existencia de al menos dos fuentes de alimentación de agua (o sistemas de impulsión) capaces, cada una de ellas, de satisfacer las demandas máximas de los sistemas de protección contra incendios durante el tiempo de autonomía requerido.

Es recomendable el uso de varias fuentes de alimentación en abastecimientos de agua a sistemas de protección contra incendios. Este uso se hace más necesario cuanto mayor sea el tamaño de la industria y mayores las exigencias de su clasificación de riesgos.

Cuando se empleen varias fuentes de alimentación, al menos una de ellas ha de ser capaz de satisfacer la demanda máxima de los sistemas de protección contra incendios; se considera ésta como la fuente de alimentación principal y las otras como fuentes de alimentación de emergencia, en disposición de uso para los momentos en que la fuente principal esté fuera de servicio por avería o mantenimiento.

La Norma UNE 23-500 establece unas categorías de abastecimientos de agua contra incendios en función de los tipos de fuentes de alimentación y de los sistemas de impulsión de que se disponga, así como de su redundancia. Estas Categorías se aplican para la selección de abastecimientos de agua para sistemas de rociadores, según la Norma UNE 23-597.

Sistemas de mangueras: bocas de incendio equipadas

Las bocas de incendio equipadas (BIE) constituyen uno de los tipos de sistemas de mangueras de posible utilización en la lucha contra incendios.

Funciones y utilización

Una BIE ha de considerarse, dentro de un sistema de mangueras, como una toma de agua, en un punto fijo de una red de incendios, «provista de» un conjunto de elementos necesarios para transportar y proyectar agua desde el mismo hasta el lugar del fuego, incluyendo los elementos de soporte, medición de presión y protección del conjunto. Una BIE está constituida por un conjunto de válvula, manguera y lanza, conectado «permanentemente» a un abastecimiento de agua (figura 34).

La protección proporcionada por las bocas de incendio equipadas puede considerarse desde los siguientes puntos de vista:

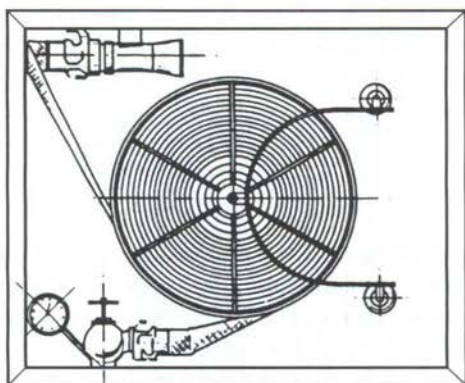


Figura 34. Boca de incendio equipada.

a) Medio de primera intervención:

Medio para sofocar conatos, o, en caso de incendio declarado, para una acción inmediata a cargo del equipo de primera intervención. En este caso, las BIE serán el complemento de un sistema de mangueras de mayor capacidad (hidrantes) y/o de un sistema fijo automático (rociadores, agua pulverizada, espuma).

b) Medio fundamental de extinción interior:

Si las características del establecimiento (actividad, carga de fuego, compartimentación, ocupación, etc.) lo permiten, las BIE pueden ser el medio fundamental de extinción. Si las exigencias relativas al caudal y al alcance no pueden ser cumplidas por las BIE, éstas no podrán ser, ni siquiera aunque el resto de características lo permitan, el medio principal de extinción.

En todo caso, las BIE son sistemas de mangueras que deben permitir una cierta rapidez de intervención, por ello:

- Normalmente se instalan en el interior del riesgo protegido.
- Su distribución debe ser tal que exista cobertura de BIE para todos los puntos del riesgo protegido.
- Sus características permiten una fácil utilización. Entre estas características cabe destacar la facilidad de extensión y la obtención de

caudal y presión de funcionamiento adecuados. Más adelante se dan valores de características hidráulicas de mangueras y lanzas, que deben conjugarse con las exigencias de la normativa para definir los componentes adecuados de estos equipos.

Clasificación

La clasificación de las BIE viene definida por el tamaño de los racores normalizados y el diámetro nominal de las mangueras: 25, 45, 70 y 100 mm. De estos cuatro valores, en BIE sólo se utilizan los de 25 y 45 mm. Las bocas de 70 y 100 mm, en caso de encontrarse en interiores, equipadas o no, serán consideradas hidrantes interiores, definidos más adelante.

Las clases de BIE son las siguientes:

a) BIE de 25 mm:

La BIE de 25 mm está dotada de una manguera de tipo semirrígido (manguera que conserva una sección circular, esté o no sometida a presión interior).

El soporte de la BIE de 25 mm es siempre de tipo devanadera.

En las BIE de 25 mm las uniones entre manguera y lanza y entre manguera y devanadera pueden ser permanentes o con racor normalizado contra incendio (Norma UNE 23-400). Estas uniones deben soportar, sin rotura ni fugas, una presión de 20 bar (o 1,5 veces la presión máxima previsible en la red).

b) BIE de 45 mm:

La BIE de 45 mm, que está dotada de manguera flexible plana (manguera blanda, cuya sección no se convierte en circular si no se la somete a presión interior), puede ser de devanadera o de plegadera (figuras 34 y 35).

La BIE de plegadera presenta el inconveniente de los pliegues que forma la manguera durante el almacenamiento; esto da lugar normalmente a una vida útil más corta para la misma.

Los componentes de la BIE (manguera, válvula y lanza) se acoplan mediante racores normalizados contra incendio (Norma UNE 23-400) y deberán estar acoplados permanentemente.



Figura 35. *Boca de incendio equipada (soporte de plegadera).*

c) Boca combinada (BIE-hidrante):

Por exigencia u oportunidad del diseño, pueden coincidir en un punto del establecimiento una BIE y un hidrante. En este caso conviene instalar un puesto combinado, formado por una BIE (de 25 o 45 mm de diámetro) y un hidrante de boca (de 45, 70 o 100 mm de diámetro). A efectos reglamentarios o de diseño, se tienen dos equipos de distintas características que no se añaden nada respectivamente, sino que consiguen un conjunto más efectivo (ejemplo: una boca combinada de 25 mm con hidrante de boca de 45 mm no sustituye a una BIE de 45 mm allí donde esta última sea exigible).

Características

a) BIE de 25 mm:

Por el tamaño y tipo de manguera que emplea, se destacan las siguientes características:

- No exige la extensión total de la manguera para comenzar a arrojar agua.

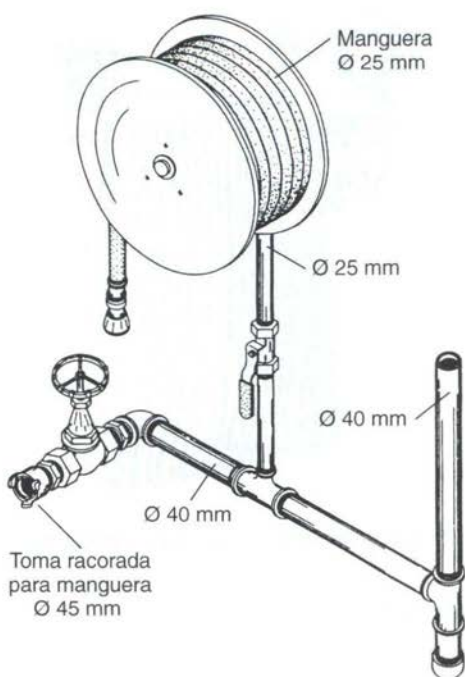


Figura 36. BIE combinada.

- La extensión de la manguera es fácil al no ser colapsable.
- Al ser bajos los caudales conducidos (los valores exigibles por la norma UNE 23-403-89 son: caudal superior a 100 litros/minuto con alcance superior a 15 m para una presión residual de 5,5 bar en el abastecimiento de agua), la fuerza de reacción en la lanza es baja, por lo que puede ser utilizada por una sola persona. Asimismo, los daños producidos por la extinción son reducidos.

b) BIE de 45 mm:

Por el tamaño y tipo de manguera que emplea, se destacan las siguientes características:

- Es necesaria la extensión total de la manguera para su utilización.

- Puede presentar dificultades de extensión de la manguera al ser ésta colapsable.
- Al ser altos los caudales conducidos (los valores exigibles por la norma UNE 23-402-89 son: caudal superior a 200 litros/minuto — con un alcance de chorro superior a 18 m— e inferior a 300 litros/minuto, para una presión residual de 3,5 bar en la lanza-bocquilla, lo que viene a representar una presión residual de 4,5 bar en el abastecimiento de agua), la fuerza de reacción en la lanza es alta. Esta característica, unida a la dificultad de extensión, hace que para su manejo sea recomendable la colaboración de dos personas. Además, los daños que ocasiona durante la extinción pueden ser elevados.

De estas características se desprende la necesidad de formación del personal que vaya a utilizar este tipo de BIE y, en general, mangueras de 45 mm o de diámetros mayores.

Criterios de selección

Las BIE empleadas serán, preferiblemente, de 25 mm.

En caso de existir cargas caloríficas elevadas, que puedan requerir caudales o alcances superiores, se podrán utilizar las BIE de 45 mm o las bocas combinadas.

La utilización de mangueras de 45 mm requerirá el cumplimiento del siguiente conjunto de condiciones:

- Entrenamiento del personal.
- Posibilidad de despliegue de la manguera.
- Exigencia de alcances de chorro y de caudales grandes.

La boca combinada se utiliza no sólo cuando exista dificultad de extensión de la manguera de 45 mm (dado que, mientras ésta se lleva a cabo, se puede proceder al ataque rápido del fuego con la de 25 mm), sino también cuando se pretenden minimizar los daños por agua causados por la extinción.

Toda BIE que sea instalada en España con posterioridad al 15 de marzo de 1995 deberá disponer del Certificado de Conformidad a Norma (UNE 23-402 para BIE 45 mm /UNE 23-403 para BIE 25 mm /UNE EN 671 para ambas, una vez que esta última sea de obligado cumplimiento) emitido por un organismo de control.

Componentes

a) BIE DE 25 mm:

- *Armario.* El armario, que es opcional, ha de disponer de aberturas de ventilación con una superficie mínima equivalente a 25 cm². En el lado inferior debe existir una serie de orificios para desagüe.

El plano frontal del armario puede ser de vidrio plano roto, de 3 mm de espesor, o de material irrompible. Si este vidrio es rompible, se instala un sistema de apertura que permita la revisión periódica de la BIE sin necesidad de romperlo. Este sistema debe ser razonablemente difícil de operar para evitar manipulaciones indebidas. En el caso de estar dotado de una puerta con bisagras, consiste en cierre de cuadradillo hembra de 8 mm de lado. Si el plano frontal es irrompible, tendrá un sistema de apertura fácil sin necesidad de utilizar llaves o herramientas.

Si el plano frontal es rompible, lleva el rótulo «RÓMPASE EN CASO DE INCENDIO» en caracteres, como mínimo, de 20 mm de altura y 15 mm de ancho. Si el plano frontal es irrompible lleva el símbolo de boca de incendio equipada, según norma UNE 23-033-81 parte 1, señal n.º 14, de dimensiones mínimas de 224 mm x 224 mm. El rótulo o símbolo, así como las partes pintadas del armario y devanadera, son de color rojo.

La función del armario puede ser exclusivamente para su protección ambiental, en cuyo caso basta con que el plano frontal sea irrompible y de fácil apertura. En caso de que, además, se requiera protección contra manipulaciones indebidas, se utiliza un armario con plano frontal de vidrio rompible.

- *Soporte de la manguera.* El soporte de la manguera es de devanadera giratoria, que permite la extensión de toda la manguera enrollada. El tambor cilíndrico sobre el que se apoya la primera serie de espiras de la manguera, regular y continuo en todo su perímetro, es de diámetro igual o superior a 20 cm. El soporte de la manguera no debe tener dispositivo alguno de bloqueo.

Este tambor cilíndrico tiene una abertura para el paso del codo de alimentación de la manguera. El diseño de éste es tal que la manguera inicia el enrollamiento de modo que nunca se dobla con un radio de curvatura inferior a 10 cm.

La totalidad de la manguera debe poder extraerse en cualquier dirección horizontal, para lo cual se orienta la extracción por medio de un dispositivo de cambio de dirección (rulinas) o se desplaza (abate) la devanadera en un arco continuo de, como mínimo, 120°.

— Válvula:

- Válvula manual:

La válvula manual es del tipo de globo, o de bola, de extremos roscados DN 25 y PN 20.

- Válvula automática:

Opcionalmente, puede instalarse una válvula de apertura automática en lugar de la manual, que debe abrir el paso del agua en un máximo de cuatro vueltas de la devanadera. Los componentes de la válvula automática no deben ser de aleación férrea, excepto si se trata de acero inoxidable.

— Manómetro. Las BIE de 25 mm cuentan, en la mayoría de los casos, con un manómetro, especialmente recomendable en el caso de la BIE situada en la ubicación hidráulicamente más desfavorable.

— Racores. Los racores de unión entre la manguera y la lanza, así como entre la alimentación de agua y la manguera, si la conexión es desmontable, son conforme a la norma UNE 23-400/1 (tipo «Barcelona»). Lo más habitual es la conexión fija, sobre todo entre la manguera y la alimentación de agua.

— Mangueras. La manguera es semirrígida, DN 25 mm, y de longitud nominal 20 m o 30 m conforme, al menos, a las especificaciones de la norma UNE 23-091, parte 3A. Los tipos de mangueras, sus características y aplicaciones se comentan con más detalle en otro apartado de este capítulo.

— Lanza-boquilla. La lanza-boquilla es de triple efecto (cierre, chorro y pulverización capaz de abarcar más de 90° con una presión re-

sidual de 5,5 bar en la acometida a la BIE). Los tipos de lanzas, características y aplicaciones se comentan con más detalle en otro apartado de este capítulo.

La disposición general de los componentes ha de permitir el fácil acceso a la lanza-boquilla y a la válvula manual ambas deben quedar situadas a la menor distancia posible. Debe ser fácil la apertura de la válvula mientras se sujeta la lanza en su posición original.

La última espira de la manguera no ha de sobresalir del perímetro de la devanadera. Debe existir una holgura mínima de 20 mm entre el volante de la válvula y las demás partes fijas de la BIE, así como entre el perímetro de la devanadera y el armario, en caso de disponer de éste.

b) BIE de 45 mm:

- Armario. El plano frontal del armario consiste en un vidrio plano recocido, de 3 mm de espesor, con el rótulo «RÓMPASE EN CASO DE INCENDIO» en caracteres, como mínimo, de 20 mm de altura y de 15 mm de ancho. Este rótulo y las partes pintadas del armario son de color rojo.

Al igual que en las BIE de 25 mm con frontal rompible, también en las de 45 mm se instala un sistema de apertura que permite la revisión periódica de la BIE sin necesidad de romper el vidrio, razonablemente difícil de operar para evitar manipulaciones indebidas, y, en el caso de estar dotado de una puerta con bisagras, consiste en cierre de cuadradillo hembra de 8 mm de lado.

El armario ha de disponer de aberturas de ventilación con una superficie mínima equivalente a 25 cm². En el lado inferior debe existir una serie de orificios para desagüe.

- Soporte de la manguera. El soporte de la manguera podrá ser de tipo devanadera, o de plegadera. El soporte de manguera de tipo devanadera tiene forma cilíndrica en la zona donde se inicia el enrollado de la manguera. Dicho cilindro, de diámetro no inferior a 70 mm, dispondrá de una ranura de 20 mm, como mínimo.

La dimensión y el mecanismo del soporte de la manguera permite que éste pueda orientarse, como mínimo, hasta una posición

- perpendicular al plano del fondo del armario. El eje de giro (abatimiento) será siempre vertical.
- Ninguna superficie del armario y del soporte de manguera debe tener cantos vivos que puedan dañar al usuario, a la manguera o a sus accesorios.
- Válvula. De asiento, con las bocas de entrada y salida roscadas con rosca de $1\frac{1}{2}$ " ISO y situadas formando un ángulo entre ellas comprendido entre 90° y 120° .
- Manómetro. De escala entre 0 y 1.600 kPa (16 bar), de clase 2 o mejor (la clase del instrumento de medida debe estar marcada en él. En este tipo de aparatos de medida, la clase indica, en tanto por ciento del fin de escala, la acotación máxima de error en una medida, originado por la falta de precisión y de repetibilidad del aparato, sin tener en cuenta, por lo general, la resolución de la escala). El diámetro de la esfera es de 50 mm. Va conectado en la válvula, sobre la boca de entrada. Cuando la ubicación de la toma sitúa el manómetro fuera de posición de lectura, se instala con lira construida en tubo de cobre.
- Racores. Tipo «Barcelona», conforme a lo indicado en la norma UNE 23-400, parte 2.
- Mangueras. La manguera es del tipo flexible plana, DN 45 mm, de longitud nominal 15 m o 20 m y conforme a la norma UNE 23-091, partes 2A o 2B. Los tipos de mangueras, características y aplicaciones se comentan con más detalle en otro apartado de este capítulo.
- Ligatura. Para una adecuada unión entre la manguera y el racor, el perímetro de aquélla debe ejercer una presión uniforme contra la caña de éste. La única atadura aconsejada para lograr este propósito es la denominada ligatura, que se realiza mediante una serie de vueltas de alambre (de acero cincado y recocado), cuyo número depende del grosor del hilo (tabla 7).

Los extremos del alambre deben anudarse sólidamente al final de la última espira y quedar protegidos para evitar accidentes durante su utilización.

Tabla 7
CARACTERÍSTICAS DEL ALAMBRE DE LA LIGATURA

Diámetro del alambre (mm)	1,0	1,5
Número de espiras por ranura (mínimo)	8	4

- Lanza-boquilla. La lanza-boquilla es de triple efecto (cierre, chorro y pulverización capaz de abarcar un ángulo mayor de 90° con una presión residual de 3,5 bar a la entrada de la lanza).

Los tipos de lanza-boquilla, características y aplicaciones se comentan con más detalle en otro apartado de este capítulo.

La disposición de los componentes en el interior del armario ha de ser tal que se puedan extraer y manejar sin dificultad ni posibilidad de causar daños a las personas ni a los propios elementos. Para ello, debe existir una separación de 50 mm entre éstos y las partes fijas. En el caso del volante de la válvula, dicha separación se considera cuando el resto de los elementos estén en posición de funcionamiento y con la válvula abierta.

La dimensión máxima del soporte de la manguera montado en el armario permitirá que éste oscile a través del marco con una holgura mínima de 20 mm.

En el soporte de tipo devanadera, la manguera se enrolla doblada sobre sí misma. Sus extremos, provistos de racor, se conectan a la válvula y a la lanza, respectivamente; la última espira no debe sobresalir del perímetro de la devanadera.

La válvula se instala en la tubería de entrada de agua, en el interior del armario. La salida de la válvula no debe estar orientada hacia arriba, para evitar que, en funcionamiento, la manguera se curve por efecto de su propio peso y se colapse. El volante de la misma nunca estará en posición invertida (ver apartado «Distribución e instalación»).

La lanza se sujeta o apoya en un soporte y no se sitúa en la base del armario, zona donde se acumularán los trozos de vidrio del frontal al hacer uso de la BIE.

Distribución e instalación

Los criterios fundamentales de distribución e instalación son los siguientes:

- La distancia desde cualquier punto del riesgo y la BIE más próxima no debe exceder de la longitud de la manguera más de 5 metros (y en ningún caso será mayor de 25 metros) para que se le considere protegido por ella (suponiendo que la BIE y su suministro de agua son los adecuados). Es recomendable situar bocas de incendio equipadas en las proximidades de las salidas de los sectores de incendio; de esta forma se favorece (sobre todo en el caso de las BIE 25) la posibilidad de combatir los conatos de incendio disponiendo de una vía de escape franca. La ubicación de las restantes BIE del sector está condicionada por la de aquéllas.
- Las BIE se ubican, preferentemente, dentro de los locales protegidos, salvo cuando éstos estén subdivididos, en cuyo caso las BIE pueden localizarse en las zonas comunes.
- Las BIE se sitúan en los paramentos o pilares de los locales. En el caso de BIE de 45 mm, el centro estará a una altura inferior a 1,5 m y superior a 1 m en relación con el suelo. Las de 25 mm se pueden colocar en cualquier altura, siempre que la boquilla y la válvula de apertura manual, si existe, se encuentren en el intervalo comprendido entre 0,5 y 1,5 m de altura desde el suelo.
- No debe existir obstáculo alguno que dificulte o impida el acceso o la utilización de una BIE.
- Las BIE deben estar señalizadas convenientemente mediante señales normalizadas, tanto en su emplazamiento físico (en España se dan las especificaciones en la norma UNE 23-033) como en los planos correspondientes.
- El diámetro nominal mínimo de las tuberías de alimentación depende de la cantidad y tipo de BIE a que alimenten (tabla 8).
- La alimentación a las BIE de 25 mm y a las bocas combinadas no se realiza por encima de ellas para evitar la acumulación de sedimentos en la válvula. En caso contrario, se instala un carrete de unos 10-15 cm de longitud, cerrado con tapa o válvula para drenaje, en la

Tabla 8
DIÁMETRO NOMINAL DE TUBERÍAS

Tipo de BIE	25 mm		45 mm	
	Una	Varias	Una	Varias
Número	Una	Varias	Una	Varias
DN Tubería (mm)	25	32	40	50

parte inferior de la tubería de alimentación, para depósito de materiales en suspensión o de suciedad arrastrada (figura 37).

- En las BIE de 45 mm el montaje será tal que el asiento de la válvula no quede por debajo de la acometida de agua, pero teniendo en cuenta que la boca de salida de la válvula no debe dirigirse hacia arriba (por encima de la horizontal), como se ha indicado anteriormente. Si la alimentación se realiza por encima del armario de la BIE, se debe instalar un carrete similar al indicado para las BIE de 25 mm (figura 37).

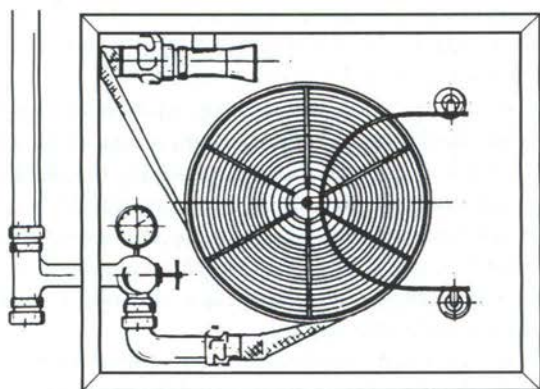


Figura 37. Instalación de BIE con alimentación superior.

- El abastecimiento de agua de las BIE será común a los demás sistemas de protección contra incendios que empleen agua. Se debe garantizar que las BIE dispongan de los caudales y presiones requeridos, así como que la presión estática no supere los 12 bar en ningún caso. El abastecimiento de agua debe garantizar un alcance efectivo mayor de 5 metros en la BIE más desfavorable cuando se está descargando por el sistema el caudal de agua requerido. También se ha de garantizar el funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorables con una presión residual en la boquilla superior a 2 bar.
- Puesto que las BIE son medios manuales y no se puede garantizar que el caudal descargado por distintas BIE sea equivalente (variará según la apertura seleccionada de la lanza-boquilla), se reco-

mienda utilizar la regla siguiente para el cálculo del abastecimiento de agua: suponer en funcionamiento simultáneo, en el sector de incendio más desfavorable hidráulicamente, una BIE (la más desfavorable) en posición de chorro (alcance máximo) y el resto de las BIE necesarias para alcanzar el caudal requerido (una, en el caso de BIE-45; hasta dos, en el caso de BIE-25) en posición de caudal máximo (se tomarán aquí las BIE más favorables del sector). A continuación, se debe comenzar el cálculo de forma que se cumplan las condiciones de presión residual y alcance para la primera BIE. Por supuesto, para efectuar los cálculos es necesario conocer el Factor (K) de descarga de la lanza-boquilla en la posición de caudal máximo y las curvas presión-caudal-alcance en la posición de alcance máximo.

- En ciertos casos, los métodos de diseño y los parámetros de cálculo de las instalaciones de BIE se complementan con los criterios específicos correspondientes al uso del riesgo protegido.

Sistemas de mangueras: hidrantes

Un hidrante ha de considerarse, dentro de un sistema de mangueras, como una toma de agua «no equipada», es decir, es un dispositivo de conexión para mangueras que no dispone de los elementos de transporte (manguera) ni proyección de agua (lanza-boquilla), y cuyo cometido es la lucha contra incendios en todas las fases del desarrollo de un incendio hasta su extinción.

Para que una toma de agua sea considerada «hidrante» no es absolutamente necesario que se encuentre desprovista de manguera y lanza; más adelante se citarán algunos tipos de hidrantes que incorporan el equipo completo y conectado de una de sus bocas. Sin embargo, la finalidad de estos equipos y su consecuente capacidad de proyección de agua hacen recomendable tomar medidas para evitar que puedan ser utilizados por personas no adiestradas, para las que podría suponer un riesgo. Entre estas medidas está la de no incluir los equipos de proyección, que serán aportados en el momento de su utilización por el personal de extinción a quien esté asignado el uso del hidrante. Otras medidas pueden ser ubicar el hidrante equipado en un armario o caseta que sólo pueda ser abierto por el personal adscrito, retirar el volante o palanca de accionamiento de la válvula, etc.

El manejo de los hidrantes, el acoplamiento y despliegue de su equipo de mangueras y el manejo correcto de éstas con los caudales necesarios requieren un adiestramiento adecuado. Por ello, los hidrantes son de uso exclusivo de los equipos de segunda intervención (ver el capítulo 13) o del servicio público de extinción.

Los hidrantes tienen dos funciones:

a) Servir de conexión y abastecimiento a las mangueras necesarias para los cometidos siguientes:

- La lucha contra los incendios que tengan lugar en el propio establecimiento.
- La protección del propio establecimiento frente a incendios que tengan lugar en establecimientos vecinos.

b) Abastecer de agua a los vehículos autobomba del servicio público de extinción y, en ocasiones, recibir abastecimiento de agua, para la red general de incendios por parte de aquéllos.

Estas funciones se materializan en los siguientes cometidos de las mangueras:

- a) El control del incendio (el confinamiento del mismo en un sector determinado y la limitación de su intensidad).
- b) La extinción del incendio.
- c) La refrigeración de bienes próximos a aquellos en los que se está produciendo el incendio.

De acuerdo con el lugar en que se produzca el incendio y aquel desde el que se realice el ataque, pueden darse las siguientes situaciones:

a) Control y extinción de incendios en el interior de edificios:

- Actuación desde el exterior (hidrantes exteriores).
- Penetrando desde el exterior (hidrantes exteriores).
- Partiendo desde el interior (hidrantes interiores).

b) Control y extinción de incendios en cerramientos y cubiertas con materiales combustibles.

c) Control y extinción de incendios en actividades, procesos y almacenamientos situados al aire libre.

d) Refrigeración de cerramientos y cubiertas de edificios y de bienes situados al aire libre.

En el contexto de los medios de extinción coexistentes en el establecimiento, los hidrantes son siempre el medio fundamental de extinción, existan o no sistemas de rociadores automáticos.

En todo caso, siempre constituyen un apoyo a la intervención del servicio público de extinción.

Clasificación

a) Según el tipo de hidrante:

- *Hidrantes de boca* (boca hidrante): simple boca de salida de una tubería de abastecimiento, provista de un racor de conexión para mangueras.
- *Hidrante de columna* (columna hidrante): tubería-columna que, conectada a una red subterránea, emerge del suelo, y en la que está situada la boca (o bocas) de salida.
- *Hidrante de arqueta*: boca de salida de una red subterránea, alojada en una arqueta enterrada y cubierta con una tapa a ras del suelo.

b) Según la situación del hidrante:

- *Hidrante exterior*: situado al aire libre, en las inmediaciones de los bienes a cuya protección está destinado, ya se trate de edificios o de bienes a la intemperie.
- *Hidrante interior*: situado en el interior del edificio a cuya protección está destinado.
- *Hidrante de cubierta*: situado al nivel de la cubierta de un edificio, en una terraza o en una plataforma accesible.

c) Según el régimen de propiedad del hidrante

- *Hidrantes privados*: son de propiedad privada. Están situados dentro del recinto y conectados a la red contra incendios del estable-

cimiento a cuya protección están destinados. Pueden ser utilizados tanto por la brigada contra incendios del establecimiento como por el servicio público de extinción.

- *Hidrantes públicos*: son de propiedad pública (municipal, territorial, etc.). Están situados en las vías públicas y conectados a una red pública. Son de uso exclusivo del servicio público de extinción.

d) Correspondencias:

Los hidrantes públicos son exteriores, debido a sus características y funciones: conexión a la red pública, abastecimiento al servicio público de extinción y ataque al incendio desde el exterior.

Los hidrantes privados son, siempre que ello es posible, exteriores, debido a sus funciones: ataque a incendios en el exterior; ataque a incendios en interiores, preferentemente desde el exterior (en previsión de su intensidad); abastecimiento ocasional al servicio público de extinción, e incluso abastecimiento, por parte de éste, a la red privada contra incendios.

En aquellos establecimientos cuya cobertura no es posible desde el exterior (por ejemplo, en los casos de falta de espacio al aire libre, grandes superficies cubiertas o edificios de varias plantas) ha de recurrirse a la instalación de hidrantes interiores.

Los hidrantes de cubierta son necesarios para la cobertura de lugares inaccesibles desde otros puntos (por ejemplo, cubiertas combustibles de gran superficie o instalaciones industriales), y son un medio para aprovechar la altura de un edificio, atendiendo una mejor cobertura de su entorno.

- Los hidrantes exteriores públicos son, según el país, de arqueta o de columna.
- Los hidrantes exteriores privados más adecuados son los de columna.
- Los hidrantes interiores más funcionales son los de boca.
- Los hidrantes de cubierta pueden ser de boca o, si hay riesgo de congelación, de columna o de arqueta de tipo seco.

Hidrantes de columna

Hay dos tipos de hidrantes de columna: seco (sin carga de agua) y mojado (con carga de agua permanente).

a) Hidrante de columna seca:

Este tipo de hidrante está diseñado de forma que el agua sólo penetra en la columna al ser abierta la válvula principal. De esta manera se evita la congelación del agua en caso de baja temperatura ambiental, y la consiguiente inutilización del hidrante (figura 38).

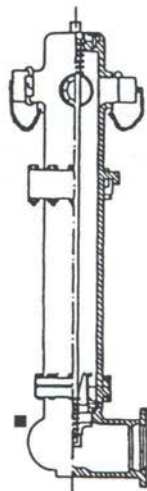


Figura 38. Hidrante de columna seca.

Estos hidrantes deben disponer, además, de un dispositivo de protección contra daños (nivel de rotura) que evite la fuga de agua y la inutilización de la red (o de un tramo de ella) en el caso de que el hidrante sufra daños por impacto mecánico.

— Componentes:

• Cabeza:

Es el cuerpo superior del hidrante: la parte de la columna que emerge del suelo y en la que están situadas las bocas de salida. La cabeza alberga, en su parte superior, el cuadradillo o volante de accionamiento de la válvula principal.

- **Cuerpo de válvula:**

Es el cuerpo inferior del hidrante: la parte de la columna que se conecta a la tubería de abastecimiento y que alberga la válvula principal. Tanto el cuerpo de válvula como la tubería deben estar situados por debajo del nivel previsible de congelación.

La conexión del cuerpo de válvula a la tubería puede ser de acoplamiento curvo (conexión horizontal) o recto (conexión vertical) y se realiza mediante bridas. La conexión del hidrante a la tubería, si ésta es de material no férreo, debe ser de acoplamiento curvo. En caso de ser horizontal contará con una cabeza de apoyo. No es aconsejable (no se admite en España) la conexión de presión (de tipo campana y espiga, por ejemplo) que, puesto que podría ceder ante la acción del agua, requiere la afirmación de la unión mediante un dado de absorción de empuje.

- **Carrete:**

Es un cuerpo intermedio cuya misión es ajustar la distancia entre la cabeza y el cuerpo de válvula y cuya longitud depende, por tanto, de dicha distancia.

- **Válvula principal:**

Consta de los elementos siguientes:

- Conjunto de cierre, consistente en una válvula de asiento.
- Mecanismo de accionamiento, que es el conjunto de elementos que permite la acción manual sobre el eje para la apertura y cierre del paso del agua.

La caja del mecanismo puede ser de zona seca o de zona húmeda. Es preferible que sea de zona seca con baño de aceite, estanco al paso del agua, para evitar problemas de oxidación y el consiguiente bloqueo del mecanismo.

- Eje de válvula, que une el mecanismo de accionamiento y el conjunto de cierre. El eje estará partido a la altura del nivel de rotura y unido con un elemento que facilite la separación o rotura localizada en caso de golpe fortuito.

- Bocas de conexión:

Son los orificios de salida del agua. Están provistos de racores para el acoplamiento de mangueras y de taponos para su cierre mientras no se utilicen. El eje de las bocas puede ser horizontal o ligeramente inclinado hacia abajo, dentro de un ángulo comprendido entre 65° y 90° respecto a la vertical.

- Válvulas individuales:

Es importante que las bocas de conexión dispongan de válvulas de cierre individuales. No son indispensables para el funcionamiento del hidrante, pero permiten la conexión y desconexión de mangueras sin interrumpir el abastecimiento de agua a las ya conectadas.

- Válvula de drenaje:

Válvula situada en el conjunto de cierre, que se abre en el momento en que se cierra la válvula principal, para vaciar el agua contenida en la columna y evitar el riesgo de congelación.

Mientras la válvula principal esté abierta, la válvula de drenaje debe permanecer perfectamente cerrada, para evitar fugas de agua y la erosión del suelo.

La válvula de drenaje puede ser accionada por la presión del agua o por desplazamiento solidario con el de la válvula principal. En este último caso, al abrirse la válvula principal, la de drenaje permanece abierta unos instantes, y la salida transitoria de agua a través de ella contribuye a su limpieza.

- Nivel de rotura:

Plano horizontal correspondiente a la unión entre la cabeza y el resto de la columna, ya se trate del carrete o, si éste no existe, del cuerpo de válvula. Los elementos de unión (bridas o platos) disponen de piezas debilitadas, de manera que, en caso de que el hidrante sufra un impacto, la cabeza se separe sin que sufran daños los restantes elementos de la columna ni la tubería de abastecimiento.

- Sistemas de protección de los racores:

Existen dos sistemas opcionales para la protección de los racores frente a manipulaciones indebidas, golpes fortuitos y agentes atmosféricos:

Fanal de protección: consiste en una carcasa de material indeformable que cubre totalmente la parte superior del hidrante. El fanal se podrá retirar fácilmente mediante cerradura.

Tapas de seguridad: son piezas que se ajustan a las bocas de salida mediante rosca, cubriendo cada racor; deben incorporar un sistema de descompresión (válvula) del hidrante. Las tapas se retirarán cuando sea necesario utilizar el hidrante mediante llave de cuadrado.

— Dimensiones y bocas de salida:

El tamaño de los hidrantes de columna se designa por el diámetro nominal de la brida de conexión, que debe corresponder al de la propia columna. Este diámetro determina el número y dimensiones de las bocas de salida con las que puede estar dotado el hidrante y el número de ellas que pueden funcionar simultáneamente.

Los tamaños normalizados más comunes son tres:

1. Hidrante con brida de *80 mm (3")* de diámetro nominal.

Dotación: 1 boca de 70 mm y 2 bocas de 45 mm.

Número máximo de bocas en funcionamiento simultáneo:

- 1 x 70 mm (una manguera de 70 mm) o bien
- 2 x 45 mm (dos mangueras de 45 mm).

2. Hidrante con brida de *100 mm (4")* de diámetro nominal.

Dotación: 1 boca de 100 mm y 2 bocas de 70 mm.

Número máximo de bocas en funcionamiento simultáneo:

- 1 x 100 mm (conexión a vehículo autobomba o línea de impulsión) o bien
- 2 x 70 mm (dos mangueras de 70 mm).

3. Hidrante con brida de *150 mm (6")* de diámetro nominal.

Dotación: 1 boca de 100 mm y 2 bocas de 70 mm.

Número máximo de bocas en funcionamiento simultáneo:

- 1 x 100 mm (conexión a vehículo autobomba o línea de impulsión).
- 2 x 70 mm (dos mangueras de 70 mm).

— Diseño, materiales y normas:

El diseño de los hidrantes y los materiales que los constituyen deben ser los normalizados en el país correspondiente. En España, los hidrantes de columna seca deben cumplir la norma UNE 23 405.

Los materiales normalizados más frecuentes son los siguientes:

- Carcasa de los cuerpos del hidrante, carrete y tapas de seguridad: fundición gris o dúctil.
- Válvula principal: válvula de asiento, con aro de cierre inoxidable o de bronce, y superficies de apoyo con guarnición de goma. Si el mecanismo de accionamiento es de zona húmeda, las piezas de contacto serán de acero inoxidable, bronce o latón.
- Válvulas individuales: válvulas de asiento, con materiales idénticos a los de la válvula principal.
- Racores y tapones: aluminio forjado.
- Acabado exterior: pintura de protección contra la intemperie de color rojo.

b) Hidrantes de columna mojada:

En este tipo de hidrantes (también llamados «de columna húmeda»), la columna está permanentemente llena de agua. Sólo son aptos en exteriores para zonas geográficas en las que la temperatura ambiente se mantenga, en todo momento, por encima de 4 °C (figura 39). Aunque la diferencia esencial con los de columna seca es que no tienen válvula de drenaje, lo habitual es que no tengan válvula principal ni sistema de protección contra daños mecánicos (también llamado «articulación»).

En el caso de que el hidrante sufra daños por impacto mecánico se pueden producir graves trastornos: fuga de agua, despresurización e inutilización total o parcial de la red contra incendios. Por ello, si no dispone de sistema de articulación, debe extremarse su protección contra impac-

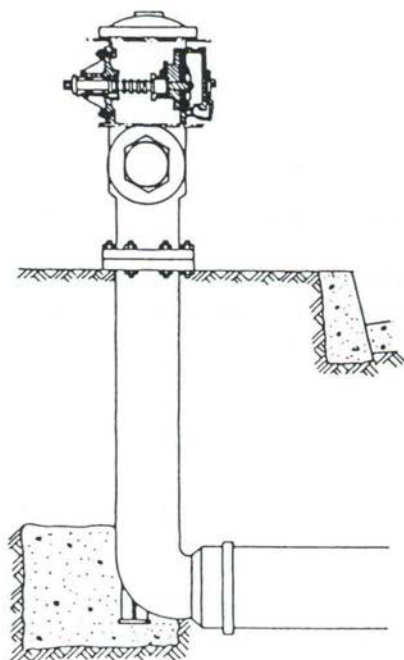


Figura 39. *Hidrante de columna mojada.*

tos, no sólo con una adecuada localización sino, si es preciso, con el uso de parapetos.

— Componentes:

- Cuerpo del hidrante:

El hidrante consta generalmente de un solo cuerpo. Una parte del cuerpo está enterrada y conectada a la tubería de abastecimiento; la otra emerge del suelo y en ella están situadas las bocas de conexión.

La conexión del hidrante a la tubería, si ésta es de material no férreo, debe ser de acoplamiento curvo (conexión horizontal). Si la tubería es de un material férreo que resiste el peso del hidrante, la conexión puede ser de acoplamiento curvo o recto (conexión vertical).

- Bocas de conexión:

Orificios de salida, provistos de racor y de tapón.

- Válvulas individuales:

Cada boca dispone de válvula individual de cierre, de asiento; no son admisibles otros tipos, a no ser que el hidrante esté dotado de válvula principal. Las características que deben reunir estas válvulas son similares a las de una válvula principal de un hidrante de columna seca.

- Dimensiones y bocas de salida:

Idénticas a las de los hidrantes de columna seca.

- Diseño, materiales y normas:

La norma de aplicación en España es UNE 23 406.

Los materiales normalizados más frecuentes son los siguientes:

- Cuerpo del hidrante: fundición gris o dúctil.
- Válvulas individuales: bronce, latón o acero inoxidable.
- Racores y tapones: aluminio forjado

Hidrantes de arqueta

El hidrante de arqueta (también denominado «bajo nivel de tierra») consiste en una o dos bocas de conexión alimentadas por una tubería derivada de la red principal y alojadas en una arqueta enterrada. La arqueta está cubierta con una tapa de fundición a ras del suelo. El conjunto arqueta-tapa debe poder soportar el peso de vehículos, si no se trata de hidrante de cubierta. La tapa debe poder ser levantada con facilidad.

El uso más adecuado y frecuente de este tipo de hidrante es el de hidrante público.

Hay dos tipos de hidrantes de arqueta: seco y mojado.

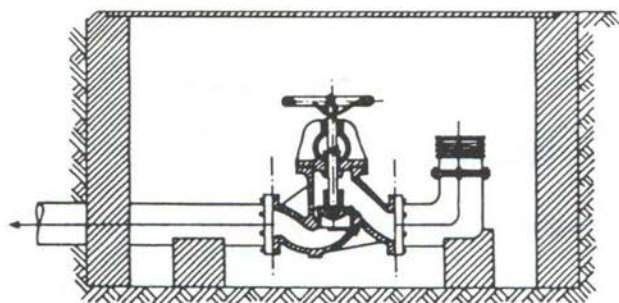


Figura 40. Hidrante de arqueta mojado.

a) Hidrante de arqueta mojado (figura 40):

Consta generalmente de un solo cuerpo de fundición, en forma de tubería horizontal, apoyado sobre dados de hormigón en el fondo de la arqueta, y conectado mediante acoplamiento recto (horizontal) a la tubería de abastecimiento.

b) Hidrante de arqueta seco (figura 41):

Es similar al hidrante de columna seca, con la diferencia de que su cabeza, en lugar de emerger del suelo, está alojada en una arqueta y es más corta. Obviamente, este hidrante no necesita nivel de rotura.

Los hidrantes de arqueta disponen de las bocas de salida adecuadas a su función, generalmente una sola boca de 100 mm de diámetro, provista del racor normalizado en el país correspondiente para la conexión de los vehículos autobomba del servicio de extinción (los vehículos pueden conectarse también a dos bocas de 70 mm, que sirven, además, para la conexión directa de mangueras).

Las bocas son, generalmente, de conexión vertical, y deben disponer de tapón de cierre. Si hay dos bocas de salida de 70 mm es conveniente que cada una disponga de válvula de cierre individual.

El diseño y los materiales (similares a los de los hidrantes de columna) deben ajustarse a la norma vigente en cada país (en España, la norma UNE 23 407).

La tapa del hidrante debe estar correctamente señalizada, conforme a la norma correspondiente.

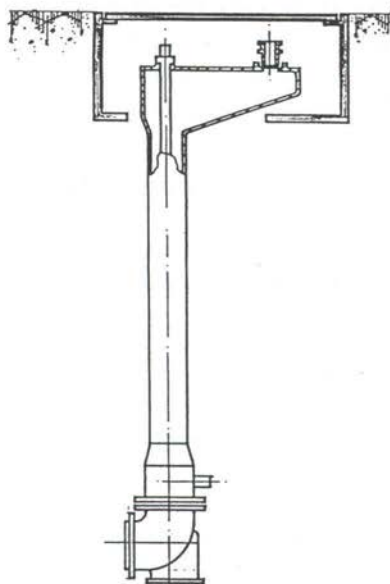


Figura 41. *Hidrante de arqueta seco.*

Hidrantes de boca

El hidrante de boca consiste en una o varias bocas de conexión alimentadas por una tubería derivada de la red principal y situadas en un paramento vertical.

Las bocas pueden estar situadas sobre la superficie del paramento, en el extremo de una tubería vista o embebida, o alojadas en un armario de montaje visto o empotrado.

La función más habitual del hidrante de boca es la de hidrante interior. Cada boca de salida está provista de:

- Válvula de cierre.
- Racor de conexión normalizado y tapón.

Las bocas de salida pueden ser de 45, 70 e incluso 100 mm de diámetro.

Siguiendo el diseño de protección pueden coincidir, en un mismo punto, un hidrante de boca y una boca de incendio equipada. Procede,

en su caso, la instalación de una boca combinada (BIE-hidrante), según se ha definido anteriormente.

Equipamiento

Los hidrantes privados deben dotarse con el equipo de mangueras necesario para su utilización.

Los hidrantes públicos no necesitan equipamiento, pues el servicio de extinción transporta en sus vehículos el material necesario.

a) Equipo y sus funciones:

1. El equipo básico de los hidrantes privados consta de los elementos siguientes:

- Llave de maniobra (si es necesaria).
- Mangueras de 70 y 45 mm ($2\frac{1}{2}$ " y $1\frac{1}{2}$ ") de diámetro.
- Conexiones de bifurcación y reducción (70/45 mm).
- Boquillas y lanzas de efecto múltiple (45 mm de diámetro).

Las mangueras de 70 mm de diámetro tienen como misión la alimentación, mediante bifurcación o reducción, a mangueras de 45 mm de diámetro. Sólo excepcionalmente se utilizan para ataque directo en exteriores.

Las mangueras de 45 mm de diámetro se utilizan para:

- Ataque directo desde el exterior.
- Ataque directo en interiores, cuando la magnitud del incendio lo requiere y el espacio de maniobra disponible lo permite.
- Alimentación, mediante bifurcación o reducción, a mangueras de 25 mm de diámetro para ataque en interiores.

Las mangueras de 100 mm de diámetro, utilizadas para conectar los vehículos autobomba forman parte, generalmente, del equipamiento de éstos, y no del de los hidrantes.

2. Puede ser necesario, además, el empleo de equipo complementario, con elementos tales como:

- Mangueras de 25 mm de diámetro.
- Conexiones de bifurcación y reducción (45/25mm).
- Boquillas o lanzas de efecto múltiple (25 mm).
- Lanzas de espuma, dosificadores y bidones de espumógeno.

b) Número de componentes:

1. Cada hidrante cuyo accionamiento se efectúe con llave de manobra debe disponer de su propia llave.

2. El equipo de mangueras se distribuye en equipos unitarios, según se describen a continuación:

— Equipo unitario de una boca de 45 mm:

- Una manguera de 45 mm y de 20 m de longitud.
- Una boquilla o lanza de efecto múltiple con conexión de 45 mm.

— Equipo unitario de una boca de 70 mm:

- Una manguera de 70 mm y de 20 m de longitud.
- Dos mangueras de 45 mm y de 20 m de longitud.
- Una conexión de bifurcación 1 x 70/2 x 45 mm.
- Una conexión de reducción 70/45 mm.
- Dos boquillas o lanzas de efecto múltiple con conexión de 45 mm.
- Si está prevista su utilización, una boquilla o lanza de efecto múltiple con conexión de 70 mm.

El equipo unitario debe completarse, cuando sea necesario, con los tramos de manguera suplementarios que esté previsto emplear.

Es preferible emplear mangueras de longitud normalizada como las ya indicadas, pero en caso necesario pueden utilizarse mangueras de longitud diferente.

3. El sistema de hidrantes debe contar, al menos, con tantos equipos unitarios como bocas pueda ser necesario utilizar simultáneamente, según el diseño de protección.

4. El número de equipos unitarios, en relación con el número de hidrantes, debe ser el adecuado a la velocidad de propagación del incendio previsible.

En todo caso, debe existir, al menos, un equipo unitario por cada cuatro hidrantes exteriores y un equipo unitario por cada seis hidrantes interiores.

5. Debe existir, al menos, un equipo unitario de repuesto por cada 10 equipos unitarios, o fracción, con los que cuente el sistema.

c) Localización de los equipos:

Hidrantes exteriores:

— Los equipos unitarios deben alojarse en casetas de madera o en armarios metálicos que reúnan las condiciones siguientes:

- Acceso rápido.
- Fácil apertura.
- Interior con amplitud suficiente para la colocación ordenada de todo el equipo.
- Ausencia de humedad en el interior, para lo cual deben estar elevados sobre el nivel del suelo y tener buena ventilación.
- Malla de protección contra el anidamiento de insectos.
- Protección contra la intemperie (pintura o tratamiento anticorrosión).
- Localización al abrigo de daños físicos y por incendio, según lo indicado más adelante.

En algunos países se utilizan casetas que alojan, junto con los equipos unitarios, el propio hidrante. Esto se aprovecha para tener permanentemente conectada una de las mangueras.

- Es preferible que cada caseta no aloje más de un equipo unitario.
- Las casetas deben situarse, preferiblemente, al lado del hidrante correspondiente, y alojar su llave de apertura.
- En cualquier caso, debe haber, al menos, una caseta por cada cuatro hidrantes.
- La distancia entre cada hidrante y la caseta más próxima no debe ser superior a 120 m (1,5 veces la distancia máxima entre hidrantes).

- Algunos elementos del equipo complementario, tales como los bidones de espumógeno y las lanzas de espuma, pueden estar alojados también en los armarios, si éstos disponen de espacio suficiente.
- El resto del equipo complementario y los repuestos deben guardarse en una dependencia adecuada, de uso exclusivo del equipo de segunda intervención.

Hidrantes interiores:

- Los equipos unitarios deben alojarse en armarios metálicos de fácil apertura, rápido acceso y amplitud suficiente para la colocación ordenada del equipo.
- Los armarios deben situarse, preferiblemente, al lado del hidrante correspondiente. Si el hidrante es de boca, puede contar con un armario que albergue la boca y su equipo.
- En todo caso, debe existir, al menos, un armario por cada seis hidrantes.
- Los armarios de las bocas combinadas pueden alojar, si disponen de amplitud suficiente y preferiblemente en compartimentos separados, los equipos de ambas bocas: el de la BIE conectado y el del hidrante sin conectar.

Hidrantes exteriores

- Distribución de hidrantes exteriores (privados):

1. Los hidrantes deben, preferiblemente, rodear en anillo los edificios y las actividades al aire libre que han de proteger. No obstante, esto puede no ser necesario si la anchura y la forma del recinto permiten una cobertura completa desde uno de sus lados.

2. Los hidrantes deben situarse al abrigo de daños físicos, y protegerse, especialmente:

- a) Del paso de vehículos.
- b) Del derrumbamiento de construcciones o estructuras.
- c) De la acción del calor o del humo.

3. Con los fines expuestos en este apartado, es aconsejable que la distancia entre cada hidrante y el edificio o estructura protegida sea al menos de 15 m.

Si no es posible localizarlos a esta distancia, pueden utilizarse, como resguardo, elementos de construcción de baja altura y resistentes al fuego, siempre que con ello se cumplan las condiciones citadas.

4. A efectos de cobertura, debe considerarse la utilización de mangueras de la longitud normalizada en el país correspondiente (tabla 9). La longitud de manguera más adecuada para los hidrantes exteriores es de 20 m. En caso necesario pueden emplearse líneas de manguera compuesta por un máximo de tres tramos acoplados, hasta una longitud máxima de 80 m.

Tabla 9
LONGITUDES DE MANGUERA NORMALIZADAS EN ESPAÑA
NORMA UNE 23091

Diámetro (mm)	Longitud (m)
45	15-20-40
70	20-40

5. El radio de cobertura que debe considerarse desde la lanza o boquilla de cada manguera depende del alcance del chorro en todas las direcciones posibles, en función de la presión de la red y del diámetro de salida.

No obstante, deben cumplirse las condiciones siguientes:

a) El alcance horizontal mínimo debe ser de 20 m en los siguientes casos:

- Ataque desde el exterior a incendios en edificios.
- Ataque a incendios en bienes al aire libre.
- Refrigeración de edificios y de bienes al aire libre.

b) El alcance horizontal máximo que puede considerarse en el diseño, en el caso de ataque a incendios en el interior de edificios, es de 10 m, aunque éste pueda ser mayor, en la práctica, en función de la presión y la lanza empleada.

6. Los hidrantes que tengan como misión la protección del interior deben situarse cerca de las aberturas de acceso y, si fuera necesario, en puntos intermedios. De la aplicación de este criterio puede resultar una distribución irregular que es, sin embargo, la más adecuada.

7. En general, no tiene sentido situar hidrantes a lo largo de muros de cerramiento ciegos (sin ventanas ni puertas de acceso), a menos que se dé alguna de las situaciones siguientes:

a) Que los hidrantes sean necesarios para la protección de bienes al aire libre.

b) Que el cerramiento o la cubierta sean combustibles o tengan aislamiento térmico combustible.

c) Que el diseño de protección prevea la necesidad de refrigerar el cerramiento o la cubierta.

d) Que el diseño de protección prevea la necesidad de atacar el incendio desde el exterior, por encima del muro.

e) Que los hidrantes sean necesarios para la protección del interior, en cuyo caso han de abrirse en el muro las puertas de acceso necesarias.

8. La separación entre hidrantes viene determinada por lo expuesto en los puntos anteriores. No obstante, no debe ser, en ningún caso, superior a 80 m. Esta condición no es exigible en el caso general de muros ciegos citado en el párrafo anterior.

9. En casos especiales, tales como grandes plantas industriales o grandes parques de almacenamiento con elevada carga calorífica, lugares inaccesibles o actividades de gran riesgo, el control del incendio sólo puede conseguirse empleando, como base de ataque al fuego, un determinado número de chorros «maestros» de gran caudal y alcance. Este tipo de chorro sólo se puede obtener con monitores. El diseño de protección debe prever la instalación, en los lugares adecuados, del número necesario de monitores de columna, o bien de hidrantes para conexión de monitores.

10. El acceso a los hidrantes debe ser, y mantenerse en todo momento, rápido, cómodo y libre de obstáculos.

— Instalación. Observaciones generales:

a) Los hidrantes de columna de acoplamiento curvo deben asentarse situando su cuerpo de válvula sobre una loseta de piedra u hormigón.

b) El cuerpo de válvula de los hidrantes de columna y arqueta de tipo seco debe rodearse de grava o cascajo, para que el drenaje sea fluido y rápido.

c) El nivel de rotura de los hidrantes de columna seca debe estar situado ligeramente por encima del nivel del suelo. Lo correcto es que sobresalgan del suelo solamente las bridas o platos de unión entre la cabeza y el carrete o el cuerpo de válvula.

Sistemas de mangueras: hidrantes interiores. Columna seca

En los edificios de más de una altura o los de gran superficie no es posible el acceso hasta gran parte de las zonas que pueden verse afectadas por un incendio con líneas de manguera conectadas a hidrantes exteriores. Por ello, en este tipo de edificios es necesaria la existencia de hidrantes interiores que permitan disponer, en el menor plazo de tiempo posible, de las líneas de manguera necesarias en cada zona de las mismas. Los hidrantes interiores se conectarán a un tendido de tuberías en cada planta alimentadas por un montante que se denominará montante para conexión de mangueras (MCM); cada conexión de mangueras será un hidrante interior (HI).

Tipos de MCM

En función de la carga de agua existen dos tipos de MCM:

- *Columna mojada*, con una carga permanente de agua a presión desde el abastecimiento de agua del edificio.
- *Columna seca*, sin carga de agua. Estas columnas podrán tener un abastecimiento de agua permanente, que llenará de agua el montante bien de forma automática, al abrir un HI, o bien manualmente, o no contar con un abastecimiento permanente, existiendo únicamente la toma de fachada para utilización por parte de los bomberos. Dentro de este tipo cabe incluir las «columnas secas» recogidas en la reglamentación española (NBE-CPI-91 y Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios). Se recuerda que para este tipo de instalaciones, el Reglamento establece explícitamente la obligatoriedad de efectuar, antes de su puesta en servicio, una prueba de estanqueidad y resistencia me

cánica, consistente en poner el sistema bajo presión estática de 1.470 kPa (15 kg/cm²) durante dos horas para comprobar que no aparecen fugas en ningún punto.

Cuando en el edificio protegido exista un abastecimiento de agua exclusivo de incendio, los MCM estarán conectados a él y se preferirán, siempre que sea posible, los de columna mojada.

Debe emplearse el MCM de columna seca cuando no exista un abastecimiento de agua para el uso de incendios en el edificio.

Los MCM, al menos de columna seca, deben emplearse en España obligatoriamente, desde la entrada en vigor de la NBE-CPI-91, en todos los edificios y establecimientos de nueva construcción cuya altura de evacuación sea mayor que 24 m (aproximadamente 8 plantas), o bien 15 m (aproximadamente 5 plantas) en el caso de establecimientos hospitalarios. Los municipios podrán sustituir esta exigencia por la de una instalación de BIE cuando, por el emplazamiento de un edificio o por el nivel de dotación de los servicios públicos de extinción existentes, no quede garantizada la utilidad de la instalación de columna seca.

En todo caso, sean MCM de columna seca o mojada, existirá la toma en fachada o en zona fácilmente accesible al servicio contra incendios, para la alimentación por parte de los vehículos de bomberos.

En función de su concepción los MCM podrán ser:

- *Exclusivos*: montantes que sólo alimenten a sus HI asociados en cada planta.
- *Combinados*: montantes que además de alimentar a sus HI asociados alimentan a los sistemas de rociadores automáticos y/o mangueras (BIE o BIE combinadas) de cada planta o zona.

Los MCM combinados deben estar calculados hidráulicamente para el mayor caudal, de mangueras más rociadores.

Clasificación de los MCM

En función del personal que vaya a utilizar los MCM, estos se clasifican en:

- Clase I: montantes para uso exclusivo de bomberos o del ESI. del edificio, siempre que cuente con la adecuada formación. Los HI de

cada planta o zona son de 70 mm (1 o 2 x 70 mm). En él se consideran integradas las tomas de 70 mm asociadas a las BIE combinadas de la planta alimentadas desde este montante.

- Clase II: montantes para uso por parte del EPI y del ESI del edificio y por parte de los bomberos en las fases iniciales de un incendio. Este montante contará en cada planta o zona con HI de 1 x 45 mm y en él se consideran integradas las tomas de 45 mm de las BIE combinadas de la planta alimentadas desde este montante.
- Clase III: montantes para uso por parte del EPI y del ESI del edificio y por parte de los bomberos en todas las fases de un incendio. Este montante contará en cada planta con HI de 2 x 45 mm o de 1 x 45 + 1 x 70 mm, y en él se consideran integradas las tomas de 45 y 70 mm de las BIE combinadas alimentadas desde este montante.

Número y emplazamiento de los MCM

El número y situación de los MCM necesarios para la adecuada protección de un edificio viene determinada por circunstancias tales como el uso o actividad a la que está destinado, su tipología constructiva, superficie de los sectores de incendio o plantas, accesibilidad a los equipos de extinción, públicos o propios, exposición a fuegos exteriores, etc.

— Número de MCM

El número de MCM, clases I o III, en cada sector de incendio o planta si es sector único, de un edificio es tal que todo punto de la misma debe estar a una distancia del HI más próximo menor de 10 m más la longitud de la manguera. A efectos de diseño se considera una longitud máxima de manguera de 30 m aunque los cálculos hidráulicos permitan comprobar que esta longitud pueda ser mayor.

El número de MCM, clase II, instaladas en cada sector de incendio o planta si es sector único, de un edificio es tal que todo punto de la misma debe estar a una distancia del HI más próximo menor de 10 m más la longitud de la manguera, limitada en este caso a un máximo de 30 m.

Todo punto de la planta deberá estar al alcance de al menos un chorro de manguera asociado a un HI. Estos criterios de distribución no afectan a las BIE.

En un edificio en el que sean necesarios sistemas de mangueras, si existen BIE y MCM, clases I o III, no serán necesarias las MCM, clase II. En todo caso, excepto en riesgos ligeros o cuando así lo requiera el uso, existirán MCM de clases I o III, y en aquellos casos existirán MCM de clase II.

— Emplazamiento de las MCM:

Los criterios de distribución y emplazamiento de los HI asociados a MCM en los edificios o plantas de edificios de gran superficie son:

a) A efectos de cobertura deben emplearse los mismos criterios que en el caso de los hidrantes exteriores, en cuanto a longitud de manguera y alcance de chorro.

b) En general, es preferible instalar dos hidrantes de una sola boca, debidamente distanciados, en lugar de un solo hidrante de dos bocas.

c) La utilización de los hidrantes no debe dificultar el uso de las vías y medios de evacuación.

d) Los hidrantes (y, en su caso, los armarios que los contengan) deben estar localizados al abrigo de daños físicos.

e) Los hidrantes deben estar adecuadamente señalizados, y debe indicarse con claridad que son de uso exclusivo del equipo de segunda intervención.

f) El acceso a los hidrantes debe ser, y mantenerse en todo momento, rápido, cómodo y libre de obstáculos.

g) Las bocas y tuberías deben estar ancladas con la firmeza adecuada a las condiciones de funcionamiento del hidrante.

h) La altura idónea de las bocas sobre el suelo está comprendida entre 0,9 y 1,5 m. En España, las bocas de los sistemas de columna seca se situarán obligatoriamente a 0,9 m.

Las MCM en edificios en altura, independientemente de que tenga asociado alguna BIE combinada o hidrante en el interior de la planta, estarán tendidas en el hueco de las escaleras de evacuación, de adecuada resistencia al fuego y con vestíbulos de independencia en cada planta. Los MCM tendrán asociados HI en cada planta, en el interior del hueco de escalera.

Existirán MCM en todas las escaleras protegidas de las que esté dotado un edificio.

Conexiones de manguera

En las MCM existirán dos tipos de conexiones para manguera:

— Conexiones de fachada:

Serán de uso exclusivo para bomberos, y serán tomas siamesas de 2 x 70 mm racoradas, con racor normalizado, llaves de bola con palanca de accionamiento incorporada, llave de purga de 25 mm y tapón, para el caso de sistemas de columna seca. El centro de sus bocas estará situado a 0,9 m sobre el nivel del suelo. Estarán situadas en muros exteriores y correctamente señalizadas. En España, los armarios, su señalización y su ubicación cumplirán con los criterios de la NBE-CPI y del Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

— Conexiones de planta:

Las conexiones de planta podrán ser de 1 x 45, 2 x 45, 1 x 70, 1 x 45 + 1 x 70 o 2 x 70 mm. En España, en cuanto a la ubicación de las tomas de planta, se seguirán los criterios de la NBE-CPI. Para el caso de sistemas de columna seca, en todas las plantas pares hasta la octava y en todas a partir de ésta, las salidas deben estar provistas de conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores de 45 mm con tapa.

Características hidráulicas de mangueras y lanzas

El objeto de este apartado es proporcionar valores reales de las propiedades hidráulicas de los componentes de los sistemas de mangueras, con el fin de facilitar el cálculo general de un sistema de mangueras manuales.

Se incluyen en este apartado los valores máximos y mínimos de pérdidas de carga de mangueras y coeficientes de descarga de lanzas de agua, recogidos de una amplia muestra de componentes de sistemas de mangueras.

Mangueras

Todos los valores de pérdidas de carga corresponden a tramos rectos de manguera de 20 m de longitud.

El cálculo para tramos de distintas longitudes puede realizarse, sin error apreciable, suponiendo la pérdida de carga proporcional a la longitud. De hecho, las pérdidas de carga en tramos más cortos suele ser proporcionalmente mayor que en los tramos largos, debido a las pérdidas en los acoplamientos.

De todas formas, al tratarse de medios manuales, las pérdidas en uso real debidas a los pliegues y curvas (especialmente en mangueras flexibles) suponen unas desviaciones superiores a las originadas en los acoplamientos correctos.

— Mangueras flexibles planas de uso ligero:

Este tipo de mangueras se utilizan, de forma casi exclusiva, en bocas de incendio equipadas, BIE de 45 mm. Puede utilizarse, en algunos casos, en bocas de incendio no equipadas, siempre con las mismas características de utilización que las de las bocas equipadas.

Tabla 10
PÉRDIDAS DE CARGA PARA MANGUERAS FLEXIBLES PLANAS
DE USO LIGERO (DIÁMETRO NOMINAL 45 mm)

Caudal (l/min)	Pérdida de carga (bar)	
	Máxima	Mínima
100	0,08	0,03
150	0,18	0,14
200	0,35	0,25
250	0,53	0,37
300	0,72	0,51
350	0,97	0,70
400	1,27	0,95
450	1,60	1,20
500	—	1,45

— Mangueras semirrígidas de uso ligero:

Este tipo de mangueras se utiliza en BIE de 25 mm. Otra aplicación muy extendida consiste en su utilización por servicios públicos y privados de extinción de incendios, como «carrete de primer socorro».

Tabla 11
PÉRDIDAS DE CARGA PARA MANGUERAS SEMIRRÍGIDAS
DE USO LIGERO (DIÁMETRO NOMINAL 25 mm)

Caudal (l/min)	Pérdida de carga (bar)	
	Máxima	Mínima
50	0,40	0,30
75	0,95	0,75
100	1,75	1,30
125	2,70	1,95
150	3,80	2,75
175	5,10	3,70
200	6,40	4,60

Tabla 12
PÉRDIDAS DE CARGA PARA MANGUERAS FLEXIBLES PLANAS
DE USO DURO (DIÁMETRO NOMINAL 25 mm)

Caudal (l/min)	Pérdida de carga (bar)	
	Máxima	Mínima
50	0,50	0,30
75	0,90	0,80
100	1,70	1,50
125	2,70	2,30
150	3,70	3,30
175	5,00	4,40
200	6,30	5,60
250	9,50	8,50

— Mangueras flexibles planas de uso duro:

Este tipo de mangueras se utilizan en los hidrantes, así como en bocas combinadas. En general, este tipo de mangueras son las utilizadas por los servicios públicos y privados de extinción de incendios.

Tabla 13
PÉRDIDAS DE CARGA PARA MANGUERAS FLEXIBLES PLANAS
DE USO DURO (DIÁMETRO NOMINAL 45 mm)

Caudal (l/min)	Pérdida de carga (bar)	
	Máxima	Mínima
100	0,16	0,08
150	0,25	0,18
200	0,38	0,32
250	0,54	0,45
300	0,73	0,60
350	1,03	0,78
400	1,35	0,98
450	1,68	1,20
500	—	1,44

Tabla 14
PÉRDIDAS DE CARGA PARA MANGUERAS FLEXIBLES PLANAS
DE USO DURO (DIÁMETRO NOMINAL 70 mm)

Caudal (l/min)	Pérdida de carga (bar)	
	Máxima	Mínima
200	0,040	0,035
300	0,080	0,065
400	0,130	0,100
500	0,185	0,150
600	0,250	0,210
700	0,325	0,300
800	0,400	0,385
900	0,520	0,485

Lanzas

A continuación se muestran las tablas de presión-caudal de descarga de lanzas de 25, 45 y 70 mm de diámetro nominal. Los valores máximos y mínimos corresponden a lanzas de varios tipos y del mismo diámetro. Las características de cada modelo de lanza deberán corresponder a los

intervalos de caudal exigibles por las normas correspondientes y por las instrucciones técnicas que le sean aplicables. Las tablas contienen los valores correspondientes a dos posiciones de la lanza.

Una de estas posiciones es la de caudal máximo, correspondiente a la máxima apertura del orificio de descarga. La otra es la posición de alcance máximo, que corresponde, en las lanzas que poseen regulación continua de la forma de proyección, a aquella posición que proporciona el máximo alcance con una presión de 4 bar.

Las presiones que se indican en las tablas corresponden al punto de conexión de la lanza.

Se observarán dos características que pueden resultar chocantes:

- a) La gran dispersión de caudales de lanzas de 25 mm.
- b) La similitud de los resultados obtenidos con lanzas de 45 y 70 mm.

Lo primero es debido a la existencia de lanzas de 25 mm que consisten en un racor de dicha medida conectado a una boquilla de 45 mm. Dichas lanzas sólo tienen razón de ser si se ha de funcionar en posición

Tabla 15
CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LANZAS DE 25 mm
POSICIÓN CAUDAL MÁXIMO

Caudal (litros/minuto)	Presión (bar)		Factor K ($l \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{bar}^{1/2}$)	
	Máxima	Mínima	Máximo	Mínimo
50	0,5	0,07	185	71
75	1,1	0,16	185	72
100	1,9	0,29	185	73
125	3,0	0,46	185	72
150	4,3	0,81	185	72
175	6,0	0,90	184	71
200	7,7	1,18	184	72
225	9,6	1,50	184	73
250	11,7	1,85	184	73
Factor K promedio				
-Máximo: 185				
-Mínimo: 72				

chorro y con alta presión de alimentación (a 2 bar descargan, en posición caudal máximo, más de 250 l/min, lo que supone una pérdida de carga para un tramo de 20 m, en el mejor de los casos, de casi 9 bar, o, lo que es igual, una presión de alimentación 11 bar para conseguir a duras penas una proyección deficiente de agua).

Lo segundo es debido a que no se contemplan en las tablas las grandes lanzas de 70 mm de los servicios públicos de extinción para uso exclusivo desde el exterior de los edificios, sino exclusivamente lanzas utilizadas para hidrantes de tipo privado. Dichas lanzas son iguales a las utilizadas con mangueras de servicio duro de 45 mm (por eso los resultados corresponden al intervalo superior de las lanzas de 45 mm) provistas de un racor de 70 mm del tipo reducción 70/45 (de ahí que el factor K máximo sea algo inferior en las lanzas de 70 mm debido a las mayores pérdidas de la reducción del racor). Existen lanzas específicas de 70 mm de caudales mayores, no muy habituales en sistemas privados de mangueras. De hecho existen lanzas de 45 mm, con proyección simultánea de chorro y cortina protectora, que alcanzan factores K iguales o superiores a 400.

Tabla 16
CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LANZAS DE 25 mm
POSICIÓN ALCANCE MÁXIMO

Caudal (litros/minuto)	Presión (bar)		Factor K ($l \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{bar}^{1/2}$)	
	Máxima	Mínima	Máximo	Mínimo
25	0,5	0,06	102	35
50	1,5	0,24	102	41
75	4,0	0,54	102	38
100	7,1	0,98	101	38
125	10,0	1,56	100	40
150	14,5	2,20	101	39
Factor K promedio				
-Máximo: 101				
-Mínimo: 39				

Tabla 17
CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LANZAS DE 45 mm
POSICIÓN CAUDAL MÁXIMO

Caudal (litros/minuto)	Presión (bar)		Factor K ($l \cdot \text{min}^{-1} \text{bar}^{1/2}$)	
	Máxima	Mínima	Máximo	Mínimo
100	0,4	0,22	212	160
200	1,4	0,70	240	169
300	3,5	1,60	237	160
400	5,6	3,25	222	169
500	8,5	5,20	219	171
600	11,8	7,50	219	175
Factor K promedio				
-Máximo: 225				
-Mínimo: 167				

Tabla 18
CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LANZAS DE 45 mm
POSICIÓN ALCANCE MÁXIMO

Caudal (litros/minuto)	Presión (bar)		Factor K ($l \cdot \text{min}^{-1} \text{bar}^{1/2}$)	
	Máxima	Mínima	Máximo	Mínimo
50	0,5	0,07	189	71
100	2,1	0,28	189	69
150	4,5	0,62	190	71
200	7,5	1,10	190	73
250	11,8	1,70	192	73
300	-	2,40	193	-
350	-	3,30	193	-
Factor K promedio				
-Máximo: 191				
-Mínimo: 71				

Tabla 19
CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LANZAS DE 70 mm
POSICIÓN CAUDAL MÁXIMO

Caudal (litros/minuto)	Presión (bar)		Factor K ($l \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{bar}^{1/2}$)	
	Máxima	Mínima	Máximo	Mínimo
100	0,25	0,25	200	200
200	1,00	0,95	205	200
300	2,20	1,85	220	202
400	4,30	3,45	215	193
500	7,50	5,50	213	183
600	10,00	7,00	227	190
700	13,50	9,25	230	191
800	–	12,10	230	–
900	–	14,90	233	–

Factor K promedio

–Máximo: 220
–Mínimo: 194

Tabla 20
CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LANZAS DE 70 mm
POSICIÓN ALCANCE MÁXIMO

Caudal (litros/minuto)	Presión (bar)		Factor K ($l \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{bar}^{1/2}$)	
	Máxima	Mínima	Máximo	Mínimo
100	0,75	0,40	158	115
150	1,60	0,85	163	119
200	2,70	1,40	169	122
250	3,85	2,00	177	127
300	5,60	2,90	176	127
350	7,50	4,05	174	128
400	10,10	5,00	179	126
450	12,70	6,10	182	126
500	–	8,00	177	–

Factor K promedio

–Máximo: 173
–Mínimo: 124

SISTEMAS FIJOS DE EXTINCIÓN

Rociadores automáticos

Desde su origen a mediados del siglo XIX, los rociadores automáticos de agua son el medio de protección contra incendios de mayor fiabilidad. Las instalaciones de estos equipos realizan automáticamente tres funciones en la protección de incendios:

- Detectan el fuego.
- Dan la alarma.
- Controlan o extinguen el fuego.

Los sistemas de rociadores automáticos de agua presentan la ventaja, frente a otros métodos de protección de incendios, de que sólo actúan en las zonas donde se inicia y detecta el incendio. La rápida descarga de agua que se produce cuando se activa el sistema protege con efectividad contra los efectos del fuego tanto los elementos constructivos como el resto (no incendiado) de los materiales contenidos en el local incendiado.

Para conseguir el mismo efecto, el agua que consume un sistema de rociadores automáticos es menor que la cantidad de agua consumida por las bocas de incendio equipadas. Es de notar que cada vez con mayor frecuencia se construyen edificios de grandes dimensiones y de gran altura en los que, caso de producirse un incendio, es imposible acceder en toda su extensión con el agua lanzada desde mangueras interiores y (sobre todo) exteriores, mientras que esto es posible conseguirlo a base de una instalación de rociadores automáticos de agua. Por otra parte, mientras que el calor y las espesas humaredas suelen impedir la actuación en los incendios de los cuerpos de bomberos o de las brigadas de incendio, los sistemas de rociadores automáticos de agua siempre actuarán bajo estas condiciones adversas.

Las instalaciones de sistemas de rociadores automáticos de agua posibilitan la existencia de mayores sectores de incendio y una menor distancia entre edificaciones próximas y permiten, en ocasiones, la utilización de materiales constructivos de menor resistencia al fuego. Además, las estadísticas de siniestros demuestran una disminución constante del valor medio de los daños producidos en siniestros de incendio a medida que aumentan las instalaciones de rociadores automáticos de agua.

Las instalaciones de rociadores automáticos de agua no sólo permiten la reducción de los daños materiales que se puedan producir en una ins-

talación industrial incendiada, sino que evitan prolongados tiempos de paralización del proceso productivo, al controlar el incendio, en el local protegido, en áreas relativamente pequeñas. Ambos hechos han llevado a que las industrias modernas actuales opten por la instalación de sistemas de rociadores automáticos de agua para proteger todas sus instalaciones, o al menos las áreas que representan claros cuellos de botella en el proceso productivo total.

Pero los sistemas de rociadores automáticos de agua también son importantes en la protección de vidas humanas durante los incendios de locales públicos y viviendas, al solaparse en un mismo sistema la detección y el control del fuego automáticos, con lo que se evitan demoras, poco recomendables en estos casos, entre la detección del fuego y la lucha contra el incendio. Se ha demostrado que el rociador automático actúa generalmente con efectividad antes de que se alcancen niveles peligrosos de emisión de humos, gases tóxicos y de calor, y en todo caso el agua proyectada desde estos sistemas disminuye el efecto nocivo de éstos. También se ha demostrado, en contra de lo que se pensaba, que un buen funcionamiento del sistema de rociadores automáticos de agua no es contrario a un efectivo sistema de evacuación de humos.

Para obtener todas las ventajas de las instalaciones de rociadores automáticos de agua antes indicadas, es necesario que todos los componentes de éstas, así como el sistema en su conjunto (figura 42) se sometan a todas las pruebas necesarias para su aprobación u homologación, así como a un permanente y correcto mantenimiento y a una constante verificación.

El objetivo de un sistema de rociadores automáticos como elemento de protección contra incendios es controlar el desarrollo de éstos evitando que sobrepasen una superficie predeterminada (área supuesta de funcionamiento o área de operación) mediante la proyección de un caudal de agua por unidad de superficie asimismo preestablecido (densidad de aplicación o densidad de diseño) durante un tiempo dado (tiempo de autonomía del sistema).

El abastecimiento de agua a los sistemas de rociadores automáticos únicamente debe garantizar (aparte del agua destinada a los sistemas de mangueras que puedan ir asociados) la descarga de la densidad de diseño, durante el tiempo de autonomía, sobre el área de operación, independientemente del área total protegida por el sistema: sólo un número limitado de los rociadores debe entrar en funcionamiento en caso de incendio. Esto significa una economía de agua, equipos de impulsión y sistema de distribución, pero también obliga a seguir fielmente las guías

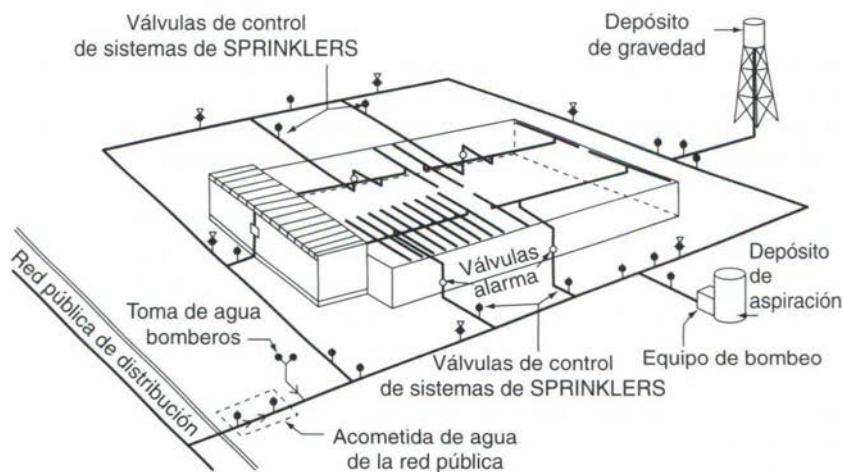


Figura 42. *Sistemas de rociadores automáticos y otros medios de protección contra incendios, con sus abastecimientos de agua.*

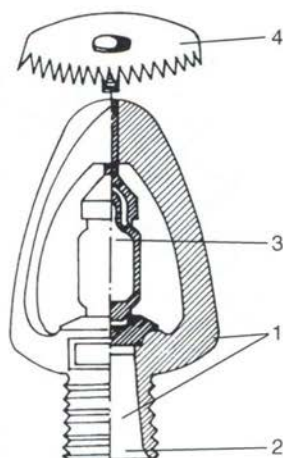
de diseño específicas para estos sistemas, con el fin de no proponer variantes o «mejoras» que puedan realmente ir en contra del buen funcionamiento de los sistemas.

Rociadores automáticos

Se define el rociador automático, «cabeza rociadora automática» o «sprinkler», como un elemento destinado a proyectar agua, dotado de un componente mecánico, termosensible, que actúa automáticamente a una temperatura predeterminada, permitiendo que el agua que fluye a través de él se distribuya hacia el exterior, uniformemente, según unos criterios preestablecidos.

Así pues, el rociador es un elemento diseñado para reaccionar a las condiciones térmicas de un incendio y que, instalado adecuadamente, permite arrojar agua en las zonas donde exista un incendio y no en otras.

Los componentes básicos de cualquier rociador automático son los siguientes (figura 43):



- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1. Cuerpo del rociador. | 3. Elemento termosensible. |
| 2. Orificio de salida de agua. | 4. Deflector. |

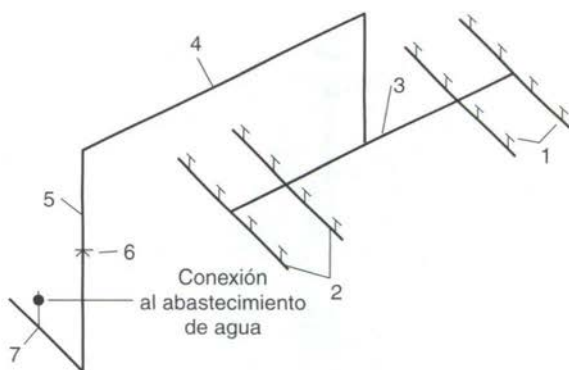
Figura 43. Rociador automático.

- Cuerpo del rociador.
- Orificio de salida de agua.
- Obturador de salida de agua.
- Elemento termosensible. Es el componente del rociador sensible a las condiciones térmicas del incendio. Hace del rociador un detector térmico, de temperatura de tarado fija.
- Deflector. Es el componente del rociador del que dependen la adecuada pulverización y distribución del agua arrojada, al interponerse en el chorro de salida.

Instalaciones de rociadores automáticos de agua

En general una instalación de rociadores automáticos de agua está compuesta por (figura 44):

- Cabezas rociadoras.
- Ramales. Tuberías en las que están directamente situadas las cabezas rociadoras.



- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1. Cabezas rociadoras. | 5. Tubería vertical o ascendente. |
| 2. Ramales. | 6. Válvula de alarma. |
| 3. Colector. | 7. Válvula de control. |
| 4. Tubería de distribución. | |

Figura 44. Esquema de una instalación de rociadores.

- Colectores. Tuberías a las que están directamente unidos los ramales.
- Tuberías de distribución. Tuberías que alimentan a los colectores desde la tubería vertical.
- Tubería vertical o ascendente. Tubería en la que está situada la válvula de alarma del sistema de rociadores.
- Válvula de alarma. Válvula de retención o antirretorno, para montaje vertical, dotada de los medios necesarios para producir una alarma cuando fluya agua a través de ella.
- Válvula de control. Válvula de corte, de tipo indicador, para abrir o cerrar el paso al sistema de rociadores.

Tipos de rociadores

Los rociadores se clasifican en los siguientes grupos y tipos.

a) Según el elemento termosensible:

Según el tipo de elemento termosensible los rociadores automáticos de agua se clasifican en (figura 45):

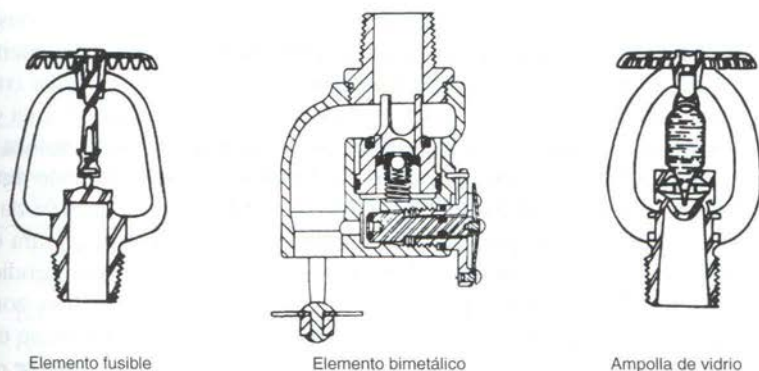


Figura 45. Tipos de rociadores según el elemento termosensible.

- De elemento fusible, cuya parte termosensible está constituida por una aleación eutéctica de metales de bajo punto de fusión (Bi, Pb, Sn, Cd, Ag y Sb). Los rociadores de fusible suelen tener los menores intervalos de tolerancia en la temperatura de operación.
- De ampolla de vidrio, cuyo interior contiene un líquido de alto coeficiente de dilatación (alcohol, cetona, etc.) y una pequeña burbuja de aire.
- Cíclicos (rociadores On-Off). Estos rociadores poseen un elemento sensible que abre y cierra el paso de agua en función de la temperatura a que se encuentra.

b) Según la temperatura de tarado:

Para las distintas aplicaciones existen temperaturas de tarado variables; el margen habitual es el comprendido entre 59 y 343 °C (135 a 650 °F).

La elección de la temperatura de tarado se realiza con base en varios factores, entre los que cabe destacar:

- La temperatura ambiente máxima que se considera posible en el recinto y en el nivel en que se encuentran los rociadores. Es evidente que la temperatura de tarado del rociador ha de ser superior (con una cierta tolerancia) a aquélla para evitar descargas no causadas por el incendio.

- La tasa de desprendimiento de calor de los materiales combustibles presentes en el riesgo protegido. Debe tenerse en cuenta que la función de los sistemas de rociadores automáticos es controlar el desarrollo del incendio sin que éste sobrepase el área de operación, para la cual (y no para áreas superiores) se garantiza la densidad de descarga prevista en el diseño. La descarga de agua sobre zonas no involucradas en el incendio supone restársela a aquellas otras en que dicha descarga es vital. Si la temperatura de tarado de los rociadores es baja y la cantidad de calor desprendida por los combustibles presentes es alta, puede crearse una zona amplia, al nivel de los rociadores, en los que la temperatura se encuentre por encima de la temperatura de tarado, con lo que se estará descargando agua sobre zonas no deseadas y poniendo en peligro el control del incendio.

Aunque en la mayor parte de los casos se utilizarán rociadores de «temperatura ordinaria» (el nombre lo dice todo), en los casos especiales debe seguirse lo especificado en los códigos de protección correspondientes. Un sistema de rociadores no es necesariamente mejor porque sus rociadores funcionen antes, sino que puede darse todo lo contrario, como ya se ha indicado. Además, la rapidez de operación no depende sólo de la temperatura de tarado, que es un valor obtenido situando los elementos termosensibles en un ambiente cuya temperatura aumenta muy lentamente, por lo que dicha temperatura puede considerarse un parámetro de respuesta «estática», sino también del índice de tiempo de respuesta, parámetro de respuesta «dinámica» que se comenta más adelante.

La temperatura de funcionamiento es identificable en los rociadores mediante un código de colores referidos al líquido de la ampolla o a los brazos del rociador. La tabla 21 muestra los colores correspondientes a distintos intervalos de temperatura de operación.

c) Según el diámetro nominal de la cabeza:

Debido a las diferentes necesidades de agua precisas para la protección de las distintas clases de riesgos, existen cabezas rociadoras de diferentes diámetros.

Aunque el valor del diámetro nominal es indicativo de la capacidad de descarga del rociador, esta característica se encuentra totalmente definida por el «factor K». El factor K de un orificio (o el factor K_v de una válvula

Tabla 21
TEMPERATURAS DE FUNCIONAMIENTO DE ROCIADORES
AUTOMÁTICOS

Temperatura de funcionamiento (°C)	Máxima temperatura en el techo (°C)	Clasificación de la temperatura	Código de colores en los brazos	Color de la ampolla de vidrio
59-77	38	Ordinaria	Sin color	Naranja o rojo
79-107	66	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
121-149	107	Alta	Azul	Azul
163-191	149	Muy alta	Rojo	Morado
204-246	191	Extra alta	Verde	Negro
260-302	246	Ultra alta	Naranja	Negro
343	329	Ultra alta	Naranja	Negro

Fuente: NFPA 13

vula u otro elemento de conducción de agua) es el cociente entre el caudal de agua descargado (el caudal de agua que lo atraviesa) y la raíz cuadrada de la presión a la entrada del orificio (la raíz cuadrada de la pérdida de carga en el elemento). La tabla 22 muestra los distintos diámetros nominales normalizados en pulgadas (se indican también en milímetros en aquellos casos en que se hallan normalizados como diámetros nominales) y sus factores K métricos (SI). Se indica también en qué casos los rociadores deben llevar un pivote en el deflector, cuya finalidad es destacar que el orificio no es el más habitual para el tamaño de rosca de conexión que posee el rociador.

d) Según el tipo de deflector y descarga:

— Convencional (figura 46):

Su característica fundamental es que, del agua descargada, una cantidad comprendida entre el 40 y el 60 % se dirige hacia la cubierta, y cae posteriormente en forma de gotas de gran tamaño. Por ello la distribución del agua y el tamaño de las gotas es más irregular que en los rociadores en los que sólo una pequeña parte de la descarga puede dirigirse hacia la cubierta (figura 47). Se utiliza indistintamente en posición montante o colgante. La NFPA los denomina «tipo antiguo» (*old type*) y no los admite para instalaciones nuevas.

Tabla 22
DIÁMETRO NOMINAL DE ORIFICIO DE LOS ROCIADORES

Diámetro nominal		Tipo de orificio	Factor K $L \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{bar}^{1/2}$	Tamaño de rosca NPT (pulg.)	Pivote identificador	Marcado de diámetro en el rociador
pulgadas	milímetros					
1/4	—	Pequeño	18,2-21	1/2	SÍ	SÍ
5/16	—	Pequeño	25,2-28	1/2	SÍ	SÍ
3/8	—	Pequeño	36,4-40,6	1/2	SÍ	SÍ
7/16	10	Pequeño	56-61,6	1/2	SÍ	SÍ
1/2	15	Normal	70-81,2	1/2	NO	NO
17/32	20	Grande	103,6-114,8	3/4	NO	NO
				1/2	SÍ	SÍ
5/8	—	Extra grande	154-161	1/2 o 3/4	SÍ	SÍ
3/4	—		189-203	3/4	SÍ	SÍ

Fuente: NFPA 13

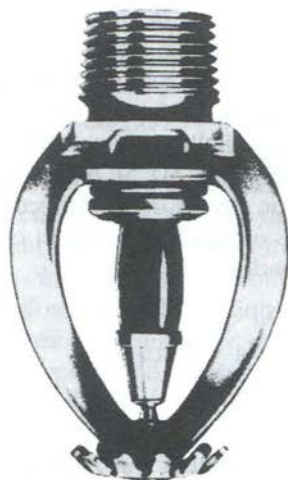


Figura 46. Rociador tipo convencional.

— Pulverizador (figura 48):

Rociadores desarrollados a comienzos de los años cincuenta, similares en todos sus aspectos a los rociadores convencionales, excepto en el di-

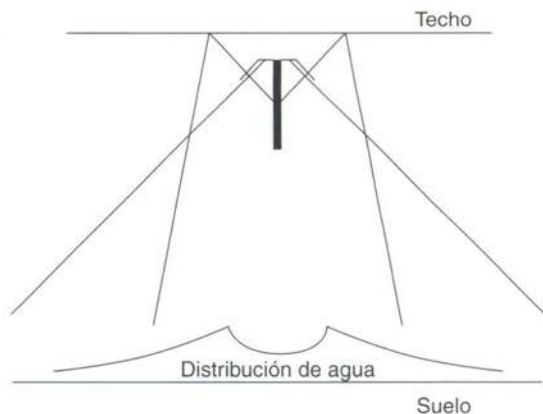


Figura 47. Esquema del tipo de descarga de un rociador convencional.

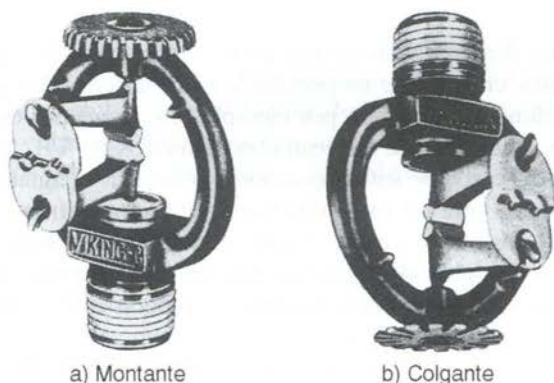


Figura 48. Rociador tipo pulverizador.

seño del flector. La descarga de este tipo de rociadores es tal que prácticamente toda el agua arrojada se dirige en forma pulverizada hacia el suelo, sin mojar la cubierta (figura 49). La distribución y el tamaño de gota son mucho más regulares que en el caso de rociadores convencionales. Los deflectores son diferentes para posición montante o colgante. La NFPA los denomina «rociadores normales» (*standard*).

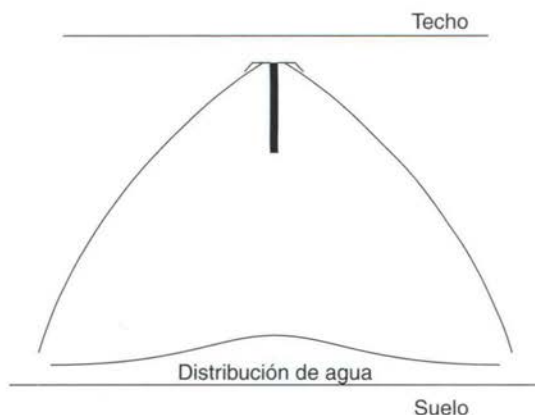


Figura 49. Esquema del tipo de descarga de un rociador pulverizador.

— De gota gorda (*large drop*):

Rociadores desarrollados en los años setenta, para su utilización en aquellos locales en los que es previsible el desarrollo de incendios con gran desprendimiento de calor, por ejemplo, en almacenes de bobinas de plástico o aerosoles. Sólo se fabrican con diámetros de 5/8", para posición montante. El deflector de estos rociadores pulveriza el agua en forma de gotas más gruesas que los pulverizadores para aumentar la capacidad de penetración de los mismos en las fuertes corrientes de convección creadas por los fuegos con gran desprendimiento de calor. Dichas corrientes son capaces de arrastrar gotas más pequeñas e impedir que alcancen la zona en llamas.

Las instalaciones con este tipo de rociadores deben diseñarse y calcularse bajo criterios específicos, diferentes a los empleados con otro tipo de rociadores automáticos.

— De pared (*sidewall*):

Son rociadores con deflectores asimétricos especiales para ser situados próximos a muros o paredes, de forma que sólo una pequeña porción del agua descargada lo haga sobre la pared. Se fabrican con deflectores diferentes para posición montante, colgante u horizontal.

e) Según la posición:

— Montante (*upright*):

Es el rociador pulverizador diseñado para ser colocado con el deflector hacia arriba, es decir, en la parte más alta por encima del ramal de distribución. Es el tipo de rociador más utilizado, por su efectividad, en la protección de locales industriales o públicos en los que no existen falsos techos, o para la protección de los espacios entre la cubierta y el falso techo. En el deflector de los rociadores pulverizadores para posición montante están grabadas las siglas SSU.

— Colgante (*pendent*):

Es el rociador pulverizador diseñado para ser colocado con el deflector hacia abajo, es decir, en la parte más baja por debajo del ramal de distribución. Es el tipo de rociador utilizado para proteger locales industriales o públicos con falso techo. No es recomendable la utilización de estos rociadores para proteger locales sin falso techo o los huecos entre la cubierta y el falso techo. En el deflector de los rociadores pulverizadores para posición colgante están grabadas las siglas SSP.

Frente a los rociadores montantes, los colgantes tienen las siguientes desventajas:

- Se encuentran más expuestos a sufrir daños debidos a golpes.
- Si se produce una pequeña fuga de agua en el rociador o en su conexión, el agua mojará el elemento termosensible, modificando sus condiciones de operación.
- Los rociadores conectados directamente a la parte inferior de la tubería o ramal se encuentran más expuestos a la obturación causada por depósito de sólidos. Esto se evita mediante la utilización de tuberías que parten de la parte superior de la tubería, provistas de dos codos que dirigen la tubería posteriormente hacia abajo (*return bends* o «garrotas»). Son obligatorias para rociadores colgantes cuando la fuente de alimentación del sistema es un depósito abierto o una fuente natural.
- El tramo de tubería vertical al que está conectado el rociador no se puede drenar sin retirarlo.

— Horizontal:

Sólo en rociadores de pared.

f) Según el tipo de respuesta:

En esta clasificación se considera el índice de tiempo de respuesta (ITR) de las cabezas rociadoras. El ITR es una medida de la sensibilidad térmica de las cabezas; cuanto más sensible es una cabeza rociadora a la elevación de la temperatura menor es su ITR. El ITR tiene unidades de $(s \cdot m)^{1/2}$.

— Rociadores de respuesta ordinaria:

En esta clasificación entran todos los rociadores con ITR mayor de 100 $(s \cdot m)^{1/2}$. En ella entran los rociadores convencionales y pulverizadores, *large drop* y, en general, los no incluidos en las categorías que se citan a continuación.

— Rociadores de respuesta rápida:

Se considera así a los que tienen un ITR menor de 50. Se distinguen, entre otros, los siguientes tipos:

- Rociadores residenciales:

Son rociadores de tipo colgante u horizontal destinados a la protección de los ocupantes de viviendas unifamiliares o de edificios de viviendas de hasta cuatro plantas. Además de su rápida respuesta tienen una configuración especial de descarga que alcanza coberturas comprendidas entre 20 y 40 m².

- Rociadores de supresión temprana y respuesta rápida (*early suppression-fast response*. ESFR):

Los ESFR son rociadores destinados a la protección de riesgos cuyo incendio produce grandes llamas, particularmente en almacenamientos. Son

rociadores colgantes, de orificio muy grande, que, a diferencia de los de gota gorda, consiguen la penetración en las corrientes de convección merced a una gran velocidad. Las condiciones para cálculo, diseño e interrelación de sistemas ESFR son diferentes a las empleadas en los otros sistemas.

- Rociadores de respuesta rápida y supresión temprana (*quick response-early suppression*. QRES):

Los QRES son rociadores de similares características a los ESFR, pero de orificio más pequeño, destinados a la protección de locales —sobre todo públicos— de no excesiva carga de fuego (centros comerciales, por ejemplo).

- Rociadores de gota gorda y respuesta rápida:

Estos rociadores pretenden combinar las ventajas de ambas características.

Como se puede observar, la aplicación de la «respuesta rápida» a los rociadores se enfoca hacia dos objetivos muy distintos: por un lado la protección a las personas, evitando que el progreso del fuego dificulte o impida la evacuación o la extinción inmediata, y por otro la protección de los bienes, limitando lo más posible la extensión del fuego.

g) Otros tipos

— Cabeza rociadora con venturi para espuma de baja expansión.

— Disimulado:

Se trata de un rociador de tipo colgante inserto en el falso techo cuyo deflector se sitúa en el mismo plano del falso techo por encima del área que hay que proteger. Este rociador está protegido por un cilindro metálico.

— Cancelado:

Es el mismo tipo de rociador que el anterior, con la excepción de que el deflector está tapado por un círculo metálico unido al cilindro de pro-

tección por una soldadura metálica cuya temperatura de fusión es inferior a la temperatura de activación de la cabeza rociadora.

— De fusible visto:

Es un rociador que se instala sobre el falso techo. Todo el equipo, excepto el elemento fusible, se encuentra situado dentro de un cilindro metálico. El deflector está unido al orificio de salida de agua por un sistema de cadenas. Cuando se activa el elemento termosensible el círculo inferior cae, así como el deflector, por acción de la presión de agua.

— De niveles intermedios:

Son cabezas rociadoras pulverizadoras equipadas con un disco montado por encima del elemento termosensible, para evitar que la apertura de una cabeza situada en un nivel superior moje dicho elemento e impida su apertura.

Tipos de sistemas de rociadores

1. Sistemas húmedos (tubería húmeda):

Son los sistemas de rociadores que se han de considerar normales y que deben instalarse en todos los casos, salvo si se dan circunstancias que requieran la instalación de otro tipo de sistemas.

En el sistema húmedo las tuberías están llenas de agua y presurizadas, de forma que al abrirse el rociador se produce instantáneamente descarga de agua.

2. Sistemas secos (tubería seca):

Estos sistemas se utilizan cuando alguna de las tuberías del sistema de rociadores está expuesta a una posible congelación; si no, se opta por utilizar anticongelante (el uso de anticongelantes requiere especial cuidado, puesto que suelen ser tóxicos y/o corrosivos; sólo se suelen utilizar cuando la zona expuesta a congelación es una pequeña parte del sistema). Las

tuberías del sistema seco están llenas de aire a presión, que actúa de activador de la válvula de control.

El paso de agua al sistema está obturado por la válvula de control, retenida a su vez (directa o indirectamente) por el aire comprimido del sistema. Cuando se abre un rociador por efecto del fuego, la salida del aire por el orificio ocasiona la caída de presión en las tuberías con la posterior apertura de la válvula de control.

Como se puede deducir del tipo de funcionamiento, en estos sistemas se produce un retraso en la salida del agua desde el momento en que se activa el primer rociador, retraso que es tanto mayor cuanto mayor es a su vez el volumen de las tuberías y el diferencial de presión necesario para la apertura de la válvula. Para hacer frente a este inconveniente se toman las siguientes medidas:

- Dotar a la válvula de control de dispositivos *aceleradores*, que reducen al mínimo la caída de presión necesaria en el sistema para accionar dicha válvula.
- Limitar el volumen total de las tuberías del sistema, que no puede alcanzar valores sí admitidos para sistemas húmedos.
- Aumentar el área de operación (ver más adelante) y, por consiguiente, la demanda de agua del sistema en aquellos riesgos en que el retraso en el funcionamiento del primer rociador puede ser crítico.

La prueba de recepción de los sistemas secos incluye una verificación de que el retraso desde la apertura del supuesto rociador más desfavorable (la apertura que se realiza es la de la válvula de prueba, situada lo más alejada posible de la válvula de control) hasta la salida de agua por dicho rociador (por la válvula de prueba) no supera un valor preestablecido.

Un caso particular de sistemas secos es el de los sistemas alternos, provistos de dos válvulas de control, seca y húmeda, respectivamente (por lo general montadas en serie, o en un solo cuerpo que contiene ambas), cada una de las cuales funciona en una época del año (invierno / verano).

3. Sistemas de acción previa (preacción):

Estos sistemas se utilizan cuando se protegen con rociadores bienes que pueden ser muy negativamente afectados por descargas intempestivas de agua: puede ser el caso de alimentos, ropa, papeles o libros, tablas, etc.

El sistema combina rociadores automáticos y detección automática de incendios. Las tuberías del sistema están vacías de agua y suelen estar llenas de aire o gas comprimidos a bajas presiones. La función de dicho gas es la de actuar de detector de fugas en las tuberías del sistema, evitando de esta forma que el agua destinada al control de un posible incendio gotee sobre materiales no involucrados en el fuego dañándolos. Así pues, la caída de presión en las tuberías origina una señal de *avería* que permite la reparación del elemento defectuoso.

La válvula de control del sistema bloquea el paso de agua comandada por el sistema de detección automática. Cuando éste señala la existencia de fuego, la válvula se abre, de forma que, cuando el primer rociador entra en funcionamiento, la tubería ya está inundada de agua, merced a la diferencia de sensibilidad —y, por tanto, del tiempo de respuesta— que existirá entre los detectores instalados y los rociadores. Es decir, que, a efectos de extinción, los sistemas de acción previa se comportan prácticamente como sistemas húmedos.

El accionamiento de la válvula principal puede realizarse también de forma manual, *in situ* o remota.

4. Sistemas de inundación (diluvio):

Cuando se prevé un rápido desarrollo del incendio se puede considerar que toda la superficie protegida por el sistema constituye el área de operación. En este caso se utilizan los sistemas de inundación o diluvio. Las tuberías están vacías de agua y los rociadores no son automáticos, sino que se hallan desprovistos del elemento termosensible y se encuentran abiertos. El accionamiento es prácticamente el mismo que el de los sistemas de acción previa, con la diferencia de que en los sistemas de inundación se produce descarga de agua por todos los rociadores del sistema al abrirse la válvula. La necesidad de instalar sistemas de diluvio viene especificada en las normas o códigos de protección del riesgo determinado.

5. Sistema *firecycle*:

Se utiliza cuando la descarga de una gran cantidad de agua puede originar daños aún más perjudiciales que el propio incendio: vertido de materiales tóxicos o contaminación, por ejemplo. Su funcionamiento es si-

milar al del sistema de acción previa: la válvula principal es accionada por un sistema de detección automática (detectores de tipo térmico) que, en este caso, no sólo da lugar a la apertura de la válvula, sino también a su cierre cuando las condiciones de temperatura alcanzan determinados valores (o perfiles) merced a la acción de los rociadores.

Amplitud de la protección con instalaciones de rociadores automáticos de agua

Cuando sea precisa la instalación de sistemas de rociadores automáticos de agua, deberán instalarse para proteger todos aquellos locales en los que los elementos constructivos o los materiales presentes son combustibles, extendiendo la protección a una unidad de riesgo completa. Se entiende por unidad de riesgo aquella en la que la distancia a otros edificios o instalaciones sea suficiente para impedir la transmisión de un incendio o en que las compartimentaciones respecto a locales próximos o contiguos tengan la adecuada resistencia al fuego.

Los sistemas de rociadores automáticos serán de conveniente instalación para proteger:

1. Edificios incombustibles cuyo contenido sea combustible, especialmente las áreas de almacenamiento y utilización de líquidos inflamables.
2. Todos los locales de construcción combustible, o aquellos que tienen cantidades apreciables de elementos combustibles.
3. Procesos de fabricación con peligro de incendio.
4. Zonas constructivas combustibles cerradas, tales como falsos suelos y techos por los que discurren conductos de instalaciones.
5. Sótanos o espacios vacíos bajo la planta baja de una edificación, que contengan elementos constructivos o materiales combustibles.
6. Instalaciones industriales cubiertas o cerradas, tales como calderas, secadores, colectores de polvo, conductos anchos, zona de secadoras de las máquinas de papel, economizadores de las máquinas de papel, máquinas de preparación de textiles y en todos aquellos lugares cerrados similares donde se manejan materiales combustibles o donde se acumulan depósitos de productos combustibles.
7. Huecos, escaleras, armarios o lugares similares donde pueden existir materiales y productos combustibles.
8. Huecos de ascensores y sus salas de máquinas.

9. Estructuras de acero visto portantes de instalaciones industriales tales como tanques, silos, canalizaciones o equipos que contienen líquidos y productos químicos combustibles, no protegidos suficientemente con la instalación de rociadores automáticos de agua de la nave industrial.

Parámetros de diseño

El diseño de los sistemas de rociadores se efectúa en función de unos parámetros que deben satisfacer dichos sistemas para obtener una protección fiable de un riesgo determinado. Dichos parámetros afectan principalmente al abastecimiento de agua. La normativa española recoge dichos parámetros en la norma UNE 23.593

1. Densidad de diseño o densidad de aplicación:

Es el caudal de agua por unidad de superficie que deben descargar los rociadores. Se suele expresar en litros por minuto por metro cuadrado ($l/min\ m^2$, $l \cdot min^{-1} \cdot m^{-2}$). La densidad de diseño depende fundamentalmente de la cantidad de calor desprendida por la combustión de los materiales presentes en el riesgo que se va a proteger: de alguna manera expresa la cantidad de agua necesaria para disipar el calor generado por la combustión de los materiales.

2. Área de operación o área de funcionamiento:

Es la máxima superficie prevista de propagación del incendio cuando actúan los sistemas de rociadores. Es, por tanto, la superficie máxima prevista en que se van a abrir rociadores y sobre la cual han de descargar la densidad de aplicación de agua que se define en el apartado anterior. Depende fundamentalmente de la facilidad (velocidad) de propagación del fuego en los materiales presentes en el riesgo protegido. Dicha velocidad, a su vez, no sólo depende de la naturaleza de dichos materiales, sino también de su estado: compacto o troceado, continuo o discontinuo, adosado o apilado, etc. También puede depender, como se ha indicado antes, de la rapidez de actuación del sistema: en ocasiones los sistemas secos tienen adjudicada un área de operación mayor que la de los sistemas húmedos para el mismo tipo de riesgo que se va a proteger.

Se puede establecer una relación, con ciertos límites, entre la densidad de diseño y el área de operación (NFPA lo establece así), de forma que arrojando mayor cantidad de agua por unidad de superficie se puede reducir el área de operación. Es decir, se supone que, a partir de una cierta densidad de descarga (mínima necesaria para contrarrestar el calor generado por el incendio), el agua que se descarga de forma adicional «debilita la energía que se transforma en propagación» reduciendo la superficie total que el incendio es capaz de alcanzar.

Una primera aproximación al caudal del abastecimiento de agua requerido por el sistema se puede obtener mediante el producto de la densidad de diseño por el área de operación. El caudal definitivo se obtiene tras el cálculo del sistema.

3. Tiempo de autonomía:

Es el período de tiempo durante el cual el abastecimiento de agua debe garantizar la descarga de la densidad de diseño sobre el área de operación, es decir, el tiempo durante el cual el sistema es capaz de controlar el incendio sin ayuda externa.

Una primera aproximación al volumen total de agua para el abastecimiento de agua requerido por el sistema se puede obtener mediante el producto de la densidad de diseño por el área de operación y por el tiempo de autonomía. El volumen definitivo se obtiene tras el cálculo del sistema.

4. Máxima cobertura por rociador:

Es la superficie máxima de descarga adjudicada a cada rociador. En una distribución uniforme se obtiene dividiendo la superficie total por el número de rociadores (del mismo nivel si se trata de rociadores en varios niveles). Es un requisito adicional al de la densidad de diseño y significa la instalación de un número determinado de rociadores, aunque la densidad de aplicación pudiera conseguirse, en teoría, con menor número de rociadores que descargasen mayor caudal.

5. Máxima distancia entre rociadores:

Es la distancia máxima que puede separar los ramales (tuberías a las que se hallan conectadas las cabezas rociadoras) o los rociadores de un mismo ramal entre sí. Es un requisito adicional al de cobertura por rocia-

que persigue eliminar distribuciones que den lugar a superficies de cobertura «alargadas» que en la práctica no serían totalmente cubiertas por la descarga de los rociadores.

Clasificación de riesgos

Los parámetros de diseño citados anteriormente se obtienen de las normas y códigos de protección mediante la indicación directa, si se trata de riesgos especiales, o mediante la clasificación de riesgos, si se trata de aquellos que pueden considerarse más comunes.

La clasificación de riesgos establece diversas categorías de usos o actividades en función de la cantidad y características de los materiales combustibles normalmente presentes. A cada una de estas categorías corresponden unos parámetros de diseño determinados.

Es de notar, por tanto, que la adecuación de un sistema de rociadores automáticos puede ser modificada (o desaparecer) si a su vez se modifican las condiciones de uso de la zona protegida. Esto hace que una de las revisiones fundamentales de entre las que se efectúan a los sistemas de rociadores sea la de verificar que la clase de riesgo no ha variado.

Existen, en la práctica totalidad de normas o códigos, tres clases principales de riesgo.

- Riesgo ligero.
- Riesgo ordinario.
- Riesgo extra.

Por lo general existen subgrupos dentro de las clases de riesgo ordinario y riesgo extra. También pueden existir dos clases de riesgo extra: una con base en los procesos y naturaleza de los materiales presentes y otra con base en la naturaleza de materiales almacenados, tipo de almacenamiento y altura del mismo.

Las normas y códigos de diseño proporcionan, junto con la definición de las características de la clase de riesgo, listas no limitativas de ejemplos de actividades correspondientes a cada clase. En la normativa española se recoge la clasificación de riesgos en la Norma UNE 23.592.

Sistemas de agua pulverizada

A pesar de que algunos fabricantes producen boquillas de pulverización de funcionamiento automático (véase figura 51), utilizando, igual que

en los rociadores, elementos termosensibles, por lo general, un sistema de agua pulverizada es un sistema de «diluvio» y, como tal, todas las boquillas de descarga funcionan simultáneamente, razón por la cual su uso debe ser objeto de un estudio cuidadoso, dado que, dependiendo de la superficie del riesgo que se vaya a proteger, se puede dar lugar a una instalación de unas dimensiones tales que la hagan prácticamente inviable, no sólo en cuanto sistema, sino en su repercusión sobre el resto de componentes de la instalación de protección contra incendios.

Generalmente se utilizan para la protección de riesgos o equipos específicos y concretos, bien como sistemas únicos e independientes o como complementarios y de apoyo a otro tipo de sistemas.

Dependiendo del tipo de riesgo que se trate de proteger y si éste así lo requiere, los «sistemas de pulverizadores» pueden utilizar como agente extintor exclusivamente agua con aditivos (por ejemplo, espumógeno), en cuyo caso debe ser el fabricante de dicho aditivo o una entidad homologadora quien admita su utilización en este tipo de sistemas.

Los sistemas de agua pulverizada pueden emplearse eficazmente para los siguientes usos y funciones o para una combinación de ellos:

- Extinción.
- Control.
- Protección/refrigeración.
- Prevención de incendio o explosión.

Genéricamente, los materiales en los que se pueden utilizar como medio de protección sistemas fijos de agua pulverizada son los siguientes:

- Combustibles sólidos (fuegos clase «A»).
- Combustibles líquidos y gaseosos (fuegos clases «B» y «C»).
- Elementos o riesgos con presencia de tensión eléctrica.

Algunos riesgos típicos que se protegen con sistemas de agua pulverizada son, entre otros, *racks* de tuberías, depósitos de gases o líquidos inflamables; bombas o equipos que manejen líquidos o gases inflamables; equipos eléctricos tales como transformadores, conmutadores o interruptores en baño de aceite; máquinas eléctricas rotativas; cintas transportadoras, bandejas de cables, etc. También se utilizan para protección de aberturas y puertas de comunicación y en sistemas de protección contra fuegos exteriores.

La determinación del uso o función, junto con la tipología del riesgo que se vaya a proteger, serán los elementos que permitan definir el tipo de pulverización y los parámetros básicos de diseño del sistema. A diferencia de los rociadores automáticos, el diseño de estos sistemas es muy variable, en función del riesgo protegido. No basta con ceñirse a unas reglas, sino que exige una competencia en diseño de sistemas de este tipo. Se debe escoger el tipo y tamaño de boquillas, la disposición de las mismas y la de las tuberías, para asegurar una densidad de diseño con el tamaño de partícula deseado en toda la zona de cobertura, previendo limitaciones y contingencias (especialmente en la protección de riesgos exteriores).

Características y limitaciones

a) Mecanismos de extinción:

Los sistemas de agua pulverizada para lucha contra incendios actúan mediante los siguientes mecanismos básicos:

- Enfriamiento: el sistema enfría las superficies de un recipiente, la superficie en combustión de un combustible ordinario (fuegos clase «A») o la superficie libre de un líquido inflamable. Este mecanismo no es efectivo si el combustible es un líquido inflamable con punto de inflamación inferior a 55 °C.
- Emulsionamiento: el sistema crea una capa de emulsión en la superficie de un líquido combustible no miscible con el agua. Dicha capa impide el desarrollo de la combustión.
- Dilución: el sistema origina una dilución de un combustible miscible con el agua hasta alcanzar una concentración que dificulte o impida la combustión.
- Otros mecanismos:
 - Formación de una película acuosa sobre un líquido combustible más denso que el agua.
 - Formación de una película acuosa sobre un líquido combustible menos denso que el agua. En este caso el agua tendrá aditivos tensoactivos.
 - Sofocación por generación de vapor en un recipiente o recinto.

b) Características de la pulverización:

Según los mecanismos de extinción y los combustibles que se tratan de extinguir, se deberá seleccionar cada una de las características de descarga siguientes:

- Tamaño de las gotas: las gotas de pequeño diámetro favorecen la formación de vapor y la creación de la película acuosa sobre el combustible. Sin embargo, un tamaño excesivamente pequeño impediría la llegada de agua al combustible, dificultando el enfriamiento y la dilución e impidiendo el emulsionamiento.
- Velocidad de las gotas: la velocidad de las gotas es un factor crítico para los mecanismos de extinción por emulsionamiento (requiere velocidades altas) y formación de película (es más efectivo con velocidades bajas).
- Densidad de descarga: la densidad de descarga es un factor crítico en todos los casos, aunque los mecanismos de sofocación y dilución no requieren tanta exigencia como el resto. Por lo que se refiere al mecanismo de emulsionamiento, la densidad de descarga, así como la uniformidad de ésta, adquiere mayor importancia según disminuye la viscosidad del combustible.

c) Limitaciones de los sistemas de agua pulverizada:

- Materiales que reaccionan con el agua: los sistemas de agua pulverizada no deben ser utilizados sobre materiales que reaccionan con el agua originando gases inflamables (metales alcalinos, carburo cálcico) o que puedan dar origen a desprendimiento violento de gases o vapores (líquidos criogénicos).
- Derrames: se debe tener precaución al usar agua sobre petróleo crudo u otros combustibles que puedan contener sustancias menos densas que el agua, pero con puntos de ebullición más altos, para evitar la ebullición del agua en el interior del combustible y el consiguiente derrame.

Igualmente, la extinción por dilución puede originar el derrame del combustible, si la cantidad de agua requerida es muy alta. Por ello, la densidad de descarga deberá, siempre que sea posible, alcanzar los valores requeridos para la extinción o control por otros mecanismos distintos al propio de dilución.

- Equipos bajo tensión eléctrica: todos los elementos del sistema deben estar a una distancia de los elementos bajo tensión no aislados igual, al menos, a la indicada en la tabla 23.

Tabla 23
DISTANCIA A ELEMENTOS BAJO TENSIÓN

Tensión nominal (KV)	Distancia mínima (mm)
Hasta	
13,8	178
23	254
34,5	330
46	432
69	635
115	1.067
138	1.270
161	1.473

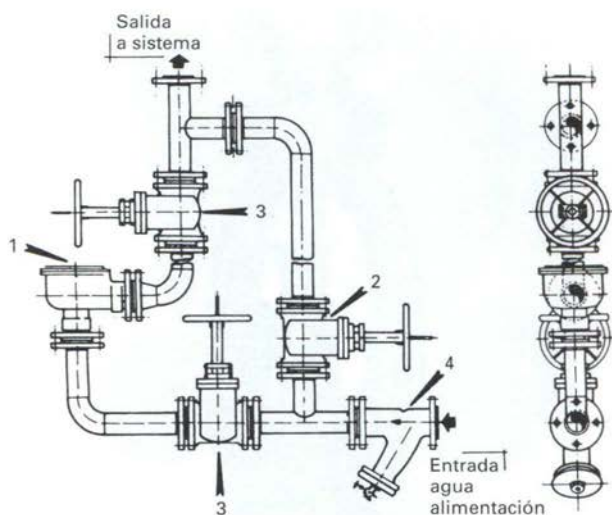
NOTA: Los valores son indicados en NFPA 70 «National Electrical Code». Para los valores intermedios se obtendrán las distancias mediante interpolación.

Componentes

a) Válvulas de control:

Las válvulas de control deben estar aprobadas para el uso previsto. El accionamiento debe ser automático y manual. Por lo general, los sistemas fijos de agua pulverizada son de funcionamiento automático; son comandados en este caso por un sistema de «detección eléctrica» que supone la actuación del sistema por «líneas o bucles cruzados» en caso de detección convencional o por la activación de al menos dos detectores en caso de sistemas de identificación puntual o analógico o de detección hidráulica o neumática. Ambos sistemas no evitan la posibilidad de actuación manual-mecánica. El puesto de control suele ser del mismo tipo que el utilizado en los sistemas de «diluvio» para rociadores (figura 50).

Se admite el accionamiento únicamente manual si el sistema está permanentemente atendido por personal entrenado y el elemento que se trata de proteger no entraña peligro de propagación del incendio.



1. Válvula de control tipo «diluvio» (NC).
2. Válvula de compuerta de husillo ascendente (NC).
3. Válvula de compuerta de husillo ascendente (NA).
4. Filtro.

Figura 50. Puesto de control para sistemas de agua pulverizada.

En caso de que el funcionamiento intempestivo pudiera causar daños personales, se recomienda un sistema automático de alarma conectado a un puesto con mando manual permanentemente atendido por personal entrenado.

b) Boquillas:

Las boquillas deben garantizar la densidad de descarga, tamaño de gota, velocidad de gota y/o cobertura requeridas (en algunos sistemas se requieren las cuatro características; en otros, una o varias de ellas) sobre la superficie de aplicación, teniendo en cuenta la situación y posicionamiento de las boquillas, las presiones límite de funcionamiento del sistema y las condiciones ambientales más desfavorables previstas, en especial para los sistemas ubicados en exteriores.

Para evitar la entrada de elementos que puedan dificultar el flujo de agua en el interior del sistema o modificar las condiciones de descarga



Figura 51. *Boquilla pulverizadora automática.*

de las boquillas, es recomendable que éstas sean provistas de tapas u otros elementos tales que no modifiquen, a su vez, las características de descarga del sistema a ninguna de las presiones de funcionamiento de éste, ni ocasionen daño a los elementos protegidos. Esto es especialmente recomendable en los sistemas ubicados en exteriores.

La información que debe acompañar al suministro de boquillas incluye:

- Diámetro de rosca de conexión.
- Orificio(s) de paso de agua. Cuando la boquilla esté dotada con orificios de diámetro inferior a 3 mm, debe incluir filtro.
- Factor K de descarga.
- Presiones de trabajo. Las boquillas de agua pulverizada tienen un rango de presiones muy restrictivo y su uso se suele ceñir a los siguientes límites:

Mínima admisible: 1,4 bar (20 psi).

Mínima recomendada: 2,1 bar (30 psi).

Máxima: 3,5 bar (50 psi).



Figura 52. Modelos de boquillas pulverizadoras.

Es de notar que, para algunos tipos de boquillas, un aumento de presión constituye una reducción del ángulo de pulverización y, por tanto, de la cobertura.

— Plantillas de ángulos o conos de descarga.

c) Tuberías:

Las tuberías que se utilizan son de acero estirado sin soldadura, de características similares a las de los sistemas de rociadores automáticos, con la salvedad de que aguas abajo de la válvula de control las tuberías están vacías de agua y sin presurizar, amén de encontrarse frecuentemente en exteriores. En esta zona tanto tuberías como accesorios son galvanizados interior y exteriormente, siempre que este acabado sea adecuado a las condiciones ambientales de su ubicación. Los extremos roscados de las tuberías deben protegerse contra la corrosión una vez instalados.

d) Accesorios:

Los accesorios que se utilizan son de función gris, fundición maleable o acero, con similares características y limitaciones que los de sistemas de rociadores para este tipo de accesorios.

La unión de los accesorios con las tuberías puede ser roscada o soldada. Se recomienda no utilizar accesorios con juntas de goma en las zonas expuestas al fuego.

e) Filtros:

El sistema debe estar provisto de filtros capaces de retener todas las partículas que puedan obstruir o modificar la descarga de las boquillas, sin que se produzca un empeoramiento de las condiciones de flujo de agua que pueda modificar los mínimos requeridos para el funcionamiento del sistema. Los filtros llevan incorporada una conexión para lavado de flujo de agua.

Protección individual de riesgos exteriores.

Tipos de aplicación de agua

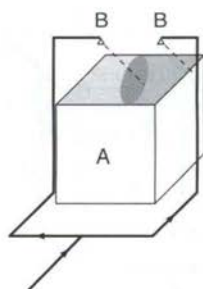
La protección exterior se puede realizar de las siguientes formas:

a) Distribución superior:

Las boquillas proyectan el agua sobre la parte superior del riesgo protegido. Los laterales se protegen por caída del agua desde la zona superior (figura 53).

Sus inconvenientes son:

- Si el riesgo protegido está incendiado, los elementos situados en la parte superior serán los más fácilmente dañados, y las boquillas y tuberías de distribución corren el peligro de verse rápidamente inutilizadas.
- Esté o no incendiado el riesgo protegido el enfriamiento de los laterales no está garantizado. La densidad de aplicación es aleatoria.



A: Riesgo protegido.
B: Boquillas.

Las zonas sombreadas representan aquellas en las que se asegura una densidad de descarga dada.

Figura 53. *Distribución superior.*

b) Distribución en anillo superior:

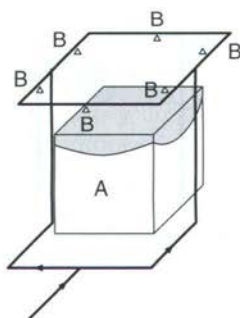
Las boquillas proyectan agua sobre la parte superior y lateral superior del riesgo protegido con unas características de descarga determinadas (figura 54).

Sus inconvenientes son:

- La densidad de descarga sobre las zonas inferiores del riesgo protegido no está determinada, y depende de la geometría exterior de las paredes laterales.
- El sistema no tiene cobertura sobre posibles derrames. Sus aplicaciones son, básicamente, depósitos de paredes lisas, en las que no es previsible un derrame, o que cuentan con sistemas manuales listos y dotados de personal para hacer frente a dichos derrames. También es aplicable cuando el mecanismo básico de extinción es el emulsionamiento.

c) Distribución en anillos laterales:

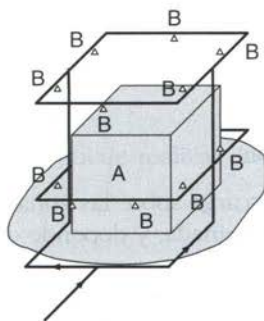
Se trata básicamente del mismo caso anterior, pero con la cobertura de todo el riesgo protegido, incluida la zona de posibles derrames (figura 55).



A: Riesgo protegido.
B: Boquillas.

Las zonas sombreadas representan aquellas en las que se asegura una densidad de descarga dada.

Figura 54. *Distribución en anillo superior.*



A: Riesgo protegido.
B: Boquillas.

Las zonas sombreadas representan aquellas en las que se asegura una densidad de descarga dada.

Figura 55. *Distribución en anillos laterales.*

Su inconveniente principal es el consumo de agua innecesario en caso de que el sistema esté protegiendo un riesgo contra la propagación de fuegos vecinos (caso típico de tanques de líquidos inflamables).

d) Distribución sectorizada en anillos laterales:

En este caso, los anillos están sectorizados en 2, 3 o 4 zonas mediante tuberías de alimentación y válvulas de seccionamiento, que permiten que funcionen sólo uno o varios de los sectores para el caso de que se pretenda proteger el riesgo frente a la propagación de fuegos vecinos.

Con este sistema se consigue disminuir la demanda total de agua, pero se encarece y complica el sistema, así como su funcionamiento. Las válvulas de seccionamiento deben estar abiertas y cerrarse manualmente en caso de que se pretenda sectorizar la protección, y no al contrario, lo que obligaría a que estuvieran siempre accesibles (incluso en caso de incendio) para proceder a su apertura si es necesario.

Diseño y cálculo

Los sistemas de agua pulverizada pueden considerarse una aplicación especial de los sistemas de rociadores automáticos. Las indicaciones de diseño, planos previos, planos de montaje y aprobaciones exigibles a las de agua pulverizada, con la salvedad de que la cobertura y el espaciado, que en los rociadores están normalizados, dependen, en este caso, del tipo y posicionamiento de las boquillas. Por ello, la especialización requerida en sistemas de rociadores es aquí aún más exigible.

Los sistemas de agua pulverizada se dimensionan por el procedimiento de cálculo hidráulico. El número de boquillas en funcionamiento simultáneo y las necesidades de homogeneidad de la descarga, así como la disposición de tuberías, más complicada, por lo general, que en los sistemas de rociadores, hacen necesario ajustar mucho los cálculos en estos sistemas.

El proceso de diseño comprende los siguientes pasos:

- 1) Cobertura total y cobertura por boquilla + densidad de descarga → *caudal de agua necesario.*
- 2) *Trazado de las tuberías:* atención a obstrucciones, espaciado, ubicación de drenajes auxiliares.
- 3) *Selección y distribución* (espaciado, orientación, cobertura) *de las boquillas.*
- 4) Cálculos hidráulicos + cálculos mecánicos (rigidez) → *dimensionamiento de tuberías.*
- 5) *Selección y ubicación de los soportes* (algunos pueden necesitar ser refrigerados durante el incendio).
- 6) *Ubicación del puesto de control.*

a) Densidad de descarga:

Cada uno de los mecanismos de extinción citados anteriormente requiere una densidad de descarga diferente, que también depende de la naturaleza del combustible involucrado en el incendio. Es de notar, sin embargo, que el mecanismo de enfriamiento debería estar contemplado en todos los casos, por lo que la densidad exigible para conseguir dicho efecto es el valor mínimo que hay que considerar.

La densidad mínima de descarga está, en general, comprendida entre 4 y 20 l/min · m². El valor superior (20 l/min · m²) corresponde a los casos en que se pretende controlar el incendio, durante un tiempo indeterminado, hasta conseguir su extinción mediante un mecanismo distinto (utilización de espuma o polvo, trasvase de combustible o agotamiento del mismo). Los inferiores se utilizan para elementos expuestos al fuego o a la radiación del incendio.

b) Casos específicos. Elementos expuestos al fuego o radiación de incendio:

— Transformadores:

La densidad mínima de descarga para protección de transformadores es de 10 l/min · m² sobre el equipo y de 6 l/min · m² sobre el cubeto o zona de recogida de posibles derrames.

— Tanques y depósitos:

La densidad de descarga para protección de tanques y depósitos es, al menos, de 10 l/min · m². De todas formas, debe tenerse en cuenta el posible efecto de la transmisión del calor, que dependerá del tamaño de los depósitos y las características (calor específico y punto de ebullición) del combustible.

— Estructuras expuestas al fuego:

La densidad mínima de descarga para la protección de las estructuras es 4 l/min · m² para elementos horizontales y 10 l/min · m² para el resto.

— Tuberías:

Los haces de tuberías de un nivel se protegen con una densidad de $10 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$, aplicando la descarga sobre toda la zona inferior de las tuberías.

Los haces de tuberías de varios niveles deben protegerse con una densidad de $8 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ sobre la zona inferior de uno de cada dos niveles, incluyendo siempre el nivel superior. Si el número de niveles es superior a cinco, la densidad para los niveles alternativos se puede reducir a $4 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$.

Consideraciones

Todo lo mencionado en párrafos precedentes confiere a los sistemas de agua pulverizada, al igual que a cualquier sistema de diluvio, una gran rapidez de actuación y una alto poder de extinción, factores totalmente positivos desde el punto de vista de «seguridad contra incendios». Sin embargo y simultáneamente, esto implica el uso o manejo (dependiendo de la superficie que se vaya a proteger) de grandes caudales, lo que deriva en la necesidad de un estudio exhaustivo de la red de drenaje de la zona donde esté instalado este tipo de sistemas.

Las diferentes normas y códigos de posible aplicación a este tipo de instalaciones limitan el caudal máximo que haya que descargar por un sistema considerado aisladamente a 11.350 l/min . En caso de instalaciones con múltiples sistemas de agua pulverizada y que éstos sean adyacentes, el cálculo de la instalación toma en consideración el caudal mayor que resulte de la suma de todas las combinaciones posibles de funcionamiento simultáneo de los mismos.

El sistema de drenaje se debe dimensionar de acuerdo no sólo con el caudal máximo de los sistemas de agua pulverizada, sino que al mismo se le debe añadir el caudal de los sistemas de lucha manual (sistemas de mangueras) que puedan funcionar simultáneamente con los mismos. Si este hecho es, en general, básico y fundamental, cobra especial relevancia y es crítico en los riesgos interiores. Se ha de dimensionar adecuadamente, además de la red de tuberías del sistema de drenaje, el resto de elementos que componen el mismo, como, por ejemplo, la balsa de efluentes, de forma que sea capaz de drenar y almacenar los caudales totales que se vayan a controlar.

Dependiendo de las condiciones y características de la fuente de abastecimiento y del resto de la instalación de protección contra incen-

dios, es recomendable la existencia de una conexión para los servicios públicos de extinción, dotada de filtro y válvula de retención dimensionados adecuadamente.

Los sistemas de distribución de líquidos y gases inflamables deben contemplar la protección, con las densidades indicadas, de las zonas críticas: conexiones, válvulas de seccionamiento, válvulas de seguridad de depósito, etc.

Las tuberías de los sistemas de agua no deben pasar sobre elementos con líquidos inflamables, para evitar los daños originados por el fuego sobre las tuberías, así como los derrames que pueda originar alguna descarga accidental de las tuberías.

Salvo en los casos en que se indica explícitamente lo contrario, la densidad de descarga se aplica sobre todas las superficies del riesgo protegido.

Sistemas de niebla de agua

Los sistemas de niebla de agua, conocidos también como de «agua nebulizada» o *water mist*, pueden considerarse un caso particular de sistemas de agua pulverizada, aunque los campos de aplicación de unos y otros sistemas sean, en general, distintos.

La característica diferencial de los sistemas de niebla es el tamaño de la gota. La NFPA establece que un sistema de niebla de agua debe conseguir una pulverización tal que el 99 % del volumen de agua descargado tenga un tamaño de gota inferior a 1 mm ($D_{v0,99} < 1\text{mm}$), medido en un plano a una distancia de un metro de la boquilla nebulizadora, funcionando ésta a la presión mínima de diseño. Los tamaños de gota habituales en estos sistemas suelen ser inferiores a 0,2 mm. Tamaños de gota inferiores a 0,01 mm pueden afectar a la respiración.

Este tamaño de gota da lugar a dos efectos:

- Por un lado, se aumenta la superficie específica de las gotas, lo que favorece la absorción del calor y también la evaporación, con el efecto consecuente del desplazamiento del oxígeno.
- Por otro, se pierde alcance en la descarga, así como poder de penetración en las corrientes de convección para alcanzar el foco de combustión.

Mecanismos de extinción. Aplicaciones

Los mecanismos de extinción del agua nebulizada, como los de todos los sistemas de agua contra incendios, son básicamente los de enfriamiento y desplazamiento de oxígeno. No obstante, se han de tener en cuenta las siguientes particularidades:

- Como ya se ha indicado, el poder de penetración en las corrientes de convección es muy pequeño, por lo que para lograr el efecto de refrigeración sobre el foco del fuego se necesita ubicar las boquillas muy cerca del elemento protegido, o bien emplear estos sistemas en fuegos de bajo poder calorífico (esto significa baja carga de fuego o detección rápida, con el efecto secundario que se indica más adelante).
- El efecto de empapamiento también es reducido, dados los bajos caudales que generalmente se utilizan en estos sistemas (ésta es precisamente una de las ventajas de los sistemas de niebla), por lo que el efecto de apantallamiento de la descarga es mucho más difícil de compensar con la caída de gotas de agua procedentes de elementos mojados.
- La niebla de agua tiene una capacidad de evaporación, con el consiguiente efecto de desplazamiento de oxígeno, mucho más considerable que cualquier otro tipo de proyección de agua. Sin embargo, este efecto se ve favorecido por el desprendimiento de calor procedente del propio incendio. De esta forma, una descarga tardía produce mayor sofocación que una temprana. Esto se opone a lo que se indicaba anteriormente en cuanto al rendimiento del mecanismo de enfriamiento, por lo que el momento de inicio de la descarga debe conjugar ambos factores o seleccionarse de acuerdo con el que se considere preeminente para cada caso.

Estas particularidades dan lugar a que estos sistemas se utilicen, sobre todo, como aplicación local para la protección de riesgos específicos y como inundación total para locales y recintos de reducido tamaño o reducida dimensión característica (recintos alargados de considerable volumen pero de pequeña altura o anchura). Asimismo, de dichas particularidades se desprende la necesidad de establecer criterios específicos de diseño para cada tipología de riesgos, sin que puedan seguirse reglas generales como sí sucede en el caso de los sistemas de rociadores o, en menor medida, en el de los sistemas de agua pulverizada.

Tipos de sistemas

Aunque existe una amplia tipología de sistemas de niebla, se pueden establecer dos tipos básicos:

- Sistemas de alta presión.
- Sistemas de baja presión.

Los sistemas de alta presión constan, por lo general, de un(os) recipiente(s) en los que se encuentra el agua permanentemente presurizada con nitrógeno u otro gas inerte, la(s) tubería(s) de distribución y la(s) boquilla(s) de descarga. La presión de funcionamiento del sistema puede oscilar entre 150 y 250 bar. Las boquillas de estos sistemas, por lo general dotadas de varias salidas o atomizadores, generan la niebla de forma mecánica, utilizando las altas presiones y velocidades del agua descargada. Puede tratarse de boquillas abiertas o de funcionamiento automático (provistas de elemento termosensible).

Los sistemas de baja presión constan de un(os) recipiente(s) en los que se encuentra el agua —que puede estar permanentemente presurizada (por aire, nitrógeno u otro gas inerte), ser presurizada en el momento de su descarga o ser impulsada por una bomba—, la(s) tubería(s) de distribución y la(s) boquilla(s) de descarga. Las boquillas pueden generar niebla de forma similar a las de alta presión o bien merced al encuentro de flujos de agua y gas en las propias boquillas. En este caso el sistema dispone también de un recipiente y tuberías de distribución independientes para el gas.

Recepción y pruebas

La mayoría de los sistemas de niebla, sobre todo los de alta presión, están dotados de boquillas, filtros u otros elementos de muy pequeña sección de paso. El efecto que pueden originar las impurezas del agua o las de los recipientes puede ser crítico. Por ello se suelen tomar medidas como las de utilizar agua filtrada o tratada, utilizar recipientes con recubrimiento interno, etc. En la mayoría de los casos, los filtros se sustituyen tras la realización de una descarga, real o de prueba.

En la mayor parte de los sistemas de niebla, en especial los de alta presión, las líneas de agua y sus uniones son de pequeñas dimensiones y por ello carecen de la rigidez natural de las tuberías de mayores diá-

metros. Por contra, deben soportar altas presiones de funcionamiento. A causa de ello, debe ponerse especial atención durante el montaje y las operaciones de revisión, reparación o modificación para evitar que una unión defectuosa pueda afectar al buen funcionamiento de la instalación (no es previsible, en cambio, que una deficiencia, incluso grave, en el montaje pueda afectar a la seguridad de las personas o dañar mecanismos, merced a la poca consistencia de los componentes). Es deseable la realización de una prueba de presión (a primera vista se antoja preferible con gas, para evitar contaminar los filtros, aunque debe prevalecer el criterio del instalador) en la recepción de cada instalación.

También debe ponerse especial atención durante el montaje y las operaciones antes citadas para facilitar que los soportes sean capaces de absorber los efectos de las turbulencias que se originan al comienzo de la descarga. Los tipos de soporte y las distancias entre ellos deben ser definidos en la fase de diseño y no dejarse al albur de decisiones tomadas durante el proceso de montaje.

Sistemas de espuma

Los sistemas de espuma contra incendios se utilizan, sobre todo, para la extinción de fuegos de líquidos inflamables. Actúan mediante la creación de una capa de dicho agente extintor sobre la superficie horizontal libre del líquido combustible, con lo que se consigue:

- Separar combustible y comburente (aire).
- Impedir o reducir la liberación de vapores inflamables.
- Separar las llamas de la superficie del combustible.
- Enfriar el combustible y superficies adyacentes.

Su uso resulta insustituible para combatir fuegos de grandes dimensiones en los que se encuentran involucrados líquidos inflamables.

Aunque ésta es la principal aplicación de la espuma, existen otras que a continuación se relacionan:

- Prevención de la ignición de derrames de líquidos inflamables.
- Extinción de fuegos superficiales de combustibles sólidos.
- Otras aplicaciones especiales, tales como derrames de gases licuados, aislamiento y protección de fuegos exteriores, contención de derrames tóxicos, etc.

Estas últimas aplicaciones, así como el posible combate de fuegos tridimensionales de líquidos como los que se producirían en una unidad de proceso que maneje líquidos inflamables, dependen en gran medida de las características específicas de la espuma, así como de sus condiciones de aplicación, por lo que requieren ser aprobadas previamente mediante ensayos al efecto.

En este capítulo se tratan los sistemas de *espuma física* o mecánica, formada al introducir, por agitación mecánica, aire en una solución acuosa de un agente espumógeno adecuado. Es el tipo de espuma utilizado habitualmente hoy en día.

Tipos de sistemas

Una primera tipología la establece el *coeficiente de expansión de la espuma*, por tanto se puede hablar de sistemas de alta, media y baja expansión. Sin embargo, son estos últimos los más usuales por lo que en general a ellos, salvo mención expresa en otro sentido, se hace referencia.

También se pueden establecer diferentes clasificaciones según el *método de dosificación o aplicación* empleado, aunque esta selección resulta más una consecuencia de las condiciones específicas de cada caso que una verdadera tipología de sistemas.

También se puede definir una tipología en función de la posible *movilidad* o no de parte, o de todo, el sistema instalado, que se puede clasificar como:

Fijo, cuando toda la instalación y elementos de la misma tienen este carácter, sin que sea necesario desplazar ningún elemento para un correcto funcionamiento de la misma.

Semifijo, cuando parte de la instalación es fija y otra parte, usualmente la reserva de espumógeno y el conjunto dosificador, o bien los elementos de descarga, puede ser común a varias instalaciones, la cual debe ser desplazada en cada caso al puesto donde se requerirá para permitir el funcionamiento.

Móvil, cuando se trata de instalaciones desplazables en su totalidad, normalmente sobre vehículos o remolques, para ser utilizadas donde sea necesario, y que sólo requieren su conexión a un abastecimiento de agua adecuado.

Portátil, cuando se trata de pequeños equipos desplazables a mano a cualquier punto, normalmente utilizados como complemento de los anteriores.

Finalmente, se puede distinguir entre sistemas de actuación automática, semiautomática o manual, según el *grado de actuación humana* requerido para operar el sistema. Bajo este aspecto y en cualquier caso, siempre se debe disponer, al menos, de una segunda posibilidad de actuación alternativa, o de emergencia, de tipo manual.

Componentes de los sistemas

a) Depósitos y contenedores:

Con el fin de garantizar la reserva de espumógeno adecuada, se dispone de un depósito de almacenamiento del mismo con la capacidad necesaria. Este depósito se debe situar lo más cerca posible de los puntos de aplicación de la espuma, con el fin de reducir las pérdidas de carga, pero se ha de valorar también la posible exposición en caso de incendio, así como las incidencias sobre el mismo de tipo ambiental.

El material de construcción del depósito ha de ser adecuado para el tipo de espumógeno almacenado, evitando en lo posible la necesidad de disponer recubrimientos de protección interior, por la gran vulnerabilidad de los mismos en caso de tener el más mínimo defecto. En la mayoría de los casos resulta adecuado el uso de acero al carbono sin proteger, si bien en ciertos casos puede ser conveniente el uso de acero inoxidable, o mejor de materiales plásticos.

El depósito debe disponer de los siguientes elementos (figura 56), además de las conexiones necesarias para los equipos de dosificación:

- Indicador de nivel, con válvulas de aislamiento.
- Conexiones de llenado y vaciado.
- Elementos de registro.
- Domo de expansión, preferiblemente con válvula de presión-vacío.

Este último elemento resulta fundamental para evitar la degradación del espumógeno por sucesivos ciclos de evaporación-condensación.

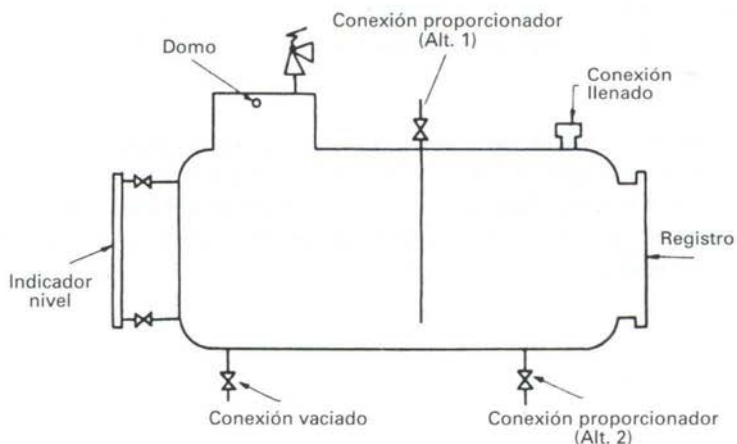


Figura 56. Esquema de depósito y sus elementos.

Finalmente, se debe prestar atención a la posibilidad de heladas si el espumógeno no es de tipo adecuado para tales condiciones.

b) Elementos de dosificación (proporcionadores):

Los proporcionadores son los elementos encargados de mezclar, en la proporción adecuada, el agua con el líquido espumógeno, para formar la solución espumante.

El porcentaje de mezcla de espumógeno es fundamental para maximizar la eficacia de la espuma, por lo que debe utilizarse únicamente el recomendado por el fabricante para cada aplicación.

Normalmente se fabrican para uso al 3 % o para el 6 %, aunque pueden ser otros (1 %, 1,5 %, 2 %). En ocasiones, y según la aplicación, el porcentaje nominal puede ser variable (de 3 % para hidrocarburos y 6 % para combustibles polares).

Los elementos de dosificación resultan, en la mayoría de los casos, los más críticos para el correcto funcionamiento final del sistema, por lo que debe prestarse especial atención en su selección.

Existen diferentes tipos de proporcionadores, cada uno de los cuales presenta unas características particulares, y, por tanto, una serie de ventajas e inconvenientes que deben ser valorados adecuadamente en su momento.

— Dosificador en línea (Venturi) (figura 57):

— Su funcionamiento se basa en el efecto Venturi; se produce una succión del espumógeno al paso del agua por el proporcionador, donde se eleva su velocidad a costa de una apreciable pérdida de carga (del orden de 3 bar).

— De este sistema de dosificación, sin duda el más extendido, existen versiones para instalaciones fijas, con depósito de almacenamiento, y para uso con medios manuales como mangueras.

— Suelen disponer de elementos de regulación manual de la proporción de mezcla, sin embargo, su funcionamiento resulta extremadamente sensible a los cambios en las condiciones de presión y caudal disponibles, pues no admite prácticamente variaciones en los mismos. Por ello no pueden ser utilizados cuando se prevean diferentes demandas, como, por ejemplo, para abastecer sistemas de rociadores automáticos con agua-espuma.

— Entre sus ventajas cabe citar su simplicidad y robustez junto con su bajo coste, así como que permite rellenar el depósito durante su operación; no obstante, como contrapartida se requieren unas presiones de agua relativamente elevadas, por la pérdida de carga que produce, y no se admiten variaciones en el caudal demandado.

— Una última limitación inherente a este sistema de dosificación es la de la altura de aspiración del espumógeno, que, normalmente, no debe ser superior a 1,5 m.

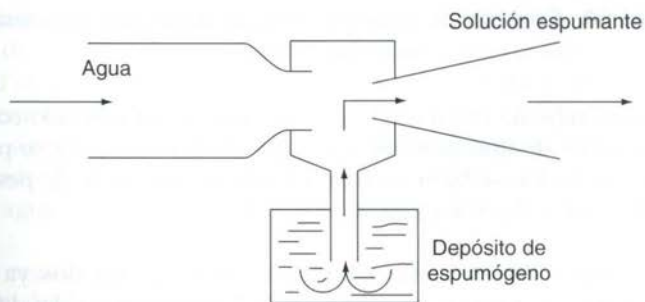


Figura 57. Esquema de funcionamiento del dosificador tipo «Venturi».

— Dosificador por presión:

Aprovecha la propia presión del agua, que es introducida en el tanque de almacenamiento de espumógeno, impulsando a éste dentro del flujo de agua. La proporción de mezcla es fija, y viene determinada mediante sendos orificios calibrados en las líneas de agua y de espumógeno.

A diferencia del anterior, la pérdida de carga en el mismo es relativamente baja (0,7-1,5 bar) y, además, permite un correcto funcionamiento, sin variaciones en la proporción de mezcla, para una amplia variación de caudales (entre el 15 % y el 150 % aproximadamente) respecto al caudal nominal.

Existen dos tipos diferentes de este sistema:

- Con membrana de separación (figura 58) en el interior del tanque, entre agua y espumógeno, que permite el uso de este sistema con cualquier tipo de espumógeno.

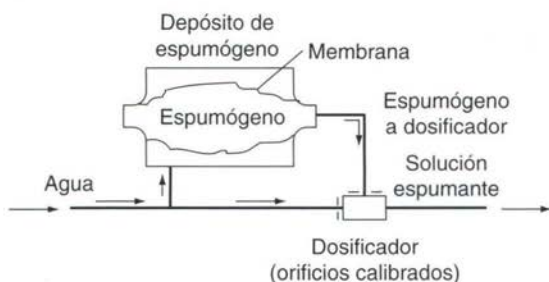


Figura 58. Esquema de funcionamiento del dosificador por presión (con membrana).

- Sin membrana (figura 59), que sólo puede ser utilizado con espumógenos de tipo proteínico, o fluoroproteínico, pues su principio de operación se basa en una diferencia apreciable de peso específico entre éstos y el agua de impulsión.

Ambos tipos tienen como principales ventajas las dos ya citadas —baja pérdida de carga y amplio rango de demandas—. La diferencia fundamental entre ambos es que la membrana garantiza la no contaminación con agua del espumógeno.

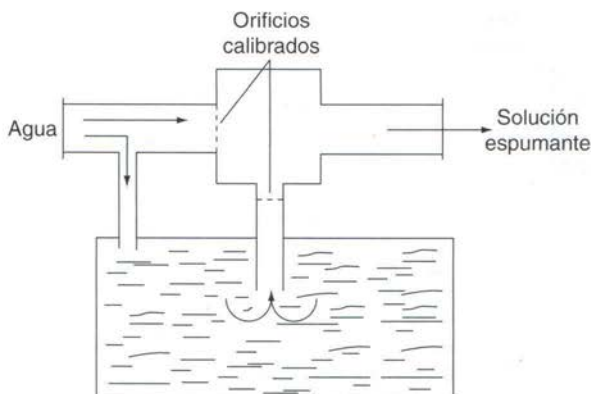


Figura 59. Esquema de funcionamiento del dosificador por presión (sin membrana).

La principal desventaja de ambos es la imposibilidad de rellenar el depósito durante su operación —de hecho, éste se diseña como recipiente a presión—, así como la contaminación del espumógeno, en el caso de depósito sin membrana. El tipo de depósito con membrana presenta como inconveniente principal la fragilidad de la membrana.

— Dosificación por bomba (figura 60):

Sin lugar a dudas el sistema más versátil en cuanto a prestaciones y, obviamente, el más caro es el de dosificación por bomba, también denominado de dosificación por equilibrio de presiones, ya que se basa en la igualdad de presión existente entre las líneas de agua y de espumógeno en el elemento de dosificación.

Este sistema, en el que el espumógeno es impulsado por una bomba de tipo adecuado, permite una regulación automática de la proporción de mezcla agua-espumógeno sobre un amplio rango de caudales de demanda.

Esta regulación se consigue mediante dos orificios calibrados en el elemento dosificador propiamente dicho y una válvula de diafragma que controla la presión en la línea de espumógeno, en función del diferencial existente entre ésta y la de la línea de agua.

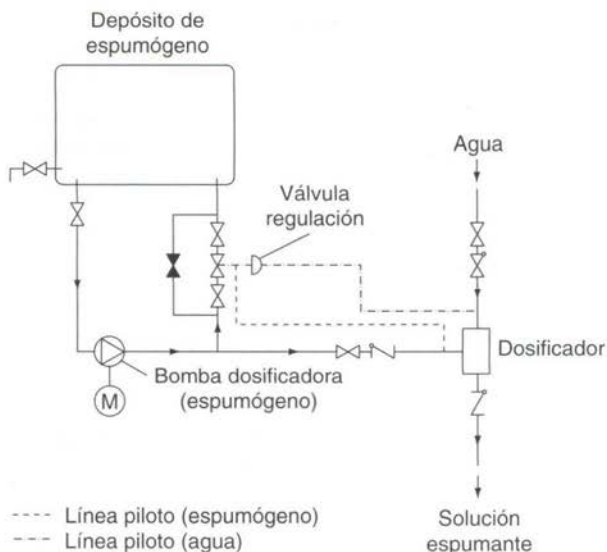


Figura 60. Esquema típico del sistema de dosificación por equilibrio de presiones (bomba).

Las pérdidas de carga en este sistema también son relativamente bajas (0,5-1,5 bares), y resulta el sistema más idóneo cuando se trata de cubrir varios riesgos de demandas diferentes o alimentar sistemas con una gran variación de la misma, como los de rociadores automáticos, con las ventajas adicionales respecto al sistema anterior, de que permite el rellenado del depósito de espumógeno durante su operación y de que éste puede ubicarse relativamente alejado de los riesgos que se han de proteger. Su principal inconveniente, además de ser el sistema más caro, es la necesidad de disponer de una fuente de alimentación fiable para la bomba, así como la posible necesidad de recurrir a grados de protección eléctrica elevados del motor y demás elementos eléctricos de la misma.

— Otros sistemas de dosificación:

Pueden existir otros sistemas de dosificación, cuyas características de adecuación hay que analizar en cada caso. Para ello basta con compararlos con los anteriores, pues normalmente se basan en principios similares o en alguna combinación de los mismos.

c) Elementos de generación y aplicación:

Los elementos de generación son los encargados de formar la espuma, tal como va a ser aplicada sobre el riesgo protegido. En dicho elemento es donde se produce la expansión de la solución espumante por agregación del aire necesario.

Esta expansión de la espuma suele producirse en dos fases dentro del mismo elemento:

- Aspiración de aire, normalmente por efecto Venturi.
- Generación de turbulencias en el flujo de la misma.

Para conseguirlo, estos elementos suelen disponer de un orificio calibrado en su entrada de solución espumante, cuyas dimensiones deben ser definidas en función de las condiciones específicas de caudal y presión disponibles, por lo que resulta ser éste otro de los elementos críticos de la instalación, junto con el proporcionador.

Con el fin de conseguir un rendimiento adecuado del generador suelen necesitarse presiones residuales a la entrada del mismo, del orden de 3-3,5 bar, aunque cuando se trata de elementos normalizados, como por ejemplo las boquillas de agua-espuma, pueden ser suficientes presiones del orden de 2 bar.

Usualmente, el elemento generador se encuentra junto al elemento de aplicación, con el fin de eliminar las elevadas pérdidas de carga a que daría lugar la circulación de la espuma expandida por las tuberías; llegan en muchos casos, como en boquillas, lanzas o generadores de alta expansión, a estar incorporados ambos en un solo elemento.

Finalmente, el elemento de aplicación es el encargado de descargar, de forma adecuada, la espuma sobre el riesgo protegido. Uno de los aspectos más críticos a este respecto es el de conseguir una aplicación de la espuma lo más suave posible sobre la superficie protegida, con el fin de lograr una mayor eficacia extintora.

Aunque el diseño concreto de estos elementos depende del tipo de riesgo, cabe distinguir los siguientes tipos:

— Boquillas de agua-espuma (figura 61):

Son elementos similares a las boquillas de agua (rociadores, etc.). Presentan, como diferencia fundamental respecto a éstas, un «Venturi» provisto de ranuras para la aspiración de aire.



Figura 61. *Boquilla de agua-espuma.*

Normalmente son boquillas de tipo abierto, y, según su diseño, pueden conseguir distintas características de descarga, en cuanto a grado de pulverización, ángulo de descarga, caudal, etc.

Son elementos generadores de espumas de baja expansión solamente, y su aplicación fundamental suelen ser el combate contra fuegos de derrames. No suele ser recomendable su uso para proteger fuegos de combustibles polares, por exigir éstos unos métodos de aplicación lo más suaves posibles.

Con espuma de tipo AFFF o similares pueden usarse rociadores o boquillas normales de agua, por ser capaces de extinguir sin formación de una capa de espuma apreciable.

La presión residual necesaria para este tipo de elementos suele ser de 2 a 3 bar.

— Lanzas y monitores (figura 62):

Elementos portátiles o fijos, similares a los utilizados para agua, diferenciándose de éstos en que disponen de un cañón de mayor longitud y diámetro, así como por llevar normalmente incorporado el elemento generador e incluso el dosificador, usualmente de tipo Venturi. En ocasiones un elemento para descarga de agua se puede convertir en uno de agua-espuma, añadiéndole un suplemento de tipo adecuado.

Según tipos, pueden generar espumas de baja y media expansión.

En cualquier caso, suelen requerir presiones residuales de entrada del orden de los 5 bar para obtener espumas de tipo adecuado (también suelen necesitar dicha presión para lograr el alcance requerido).



Figura 62. Lanza de espuma.

Su mayor uso es como elemento de complemento o de apoyo de instalaciones fijas; no es recomendable su disposición como medio de protección principal por el riesgo de exposición del operador que suele exigir el uso de estos elementos.

— Cámaras y vertederas (figura 63):

Se trata de elementos especialmente diseñados para la aplicación de espumas de baja expansión sobre la superficie del combustible contenido en tanques de almacenamiento u otros elementos de contención. Pueden incorporar o no el elemento generador, aunque su misión principal es conseguir una aplicación lo más suave posible de la espuma, para lo que suelen dirigir su descarga sobre el interior de la pared lateral del recipiente protegido.

Suelen disponer en su interior de un elemento de sellado, de vidrio rayado o similar, para impedir el retorno a través de ella de vapores inflamables procedentes del riesgo protegido. No obstante, este sello debe ser suficientemente frágil para romperse en caso de descarga de la espuma.

El aspecto más crítico de estos elementos es el de su disposición sobre el tanque o recipiente protegido, pues, por una parte, debe quedar lo suficientemente por encima del nivel máximo previsto del líquido (preferiblemente por encima del rebose, si existe) y, por otra, debe estar lo más protegido posible de una posible explosión y previsible voladura de la parte superior del recipiente, por lo que debe quedar debajo de la unión débil entre techo y virola, si existe.

Su uso suele limitarse a la protección de tanques de techo fijo y, en ocasiones, de techo flotante.

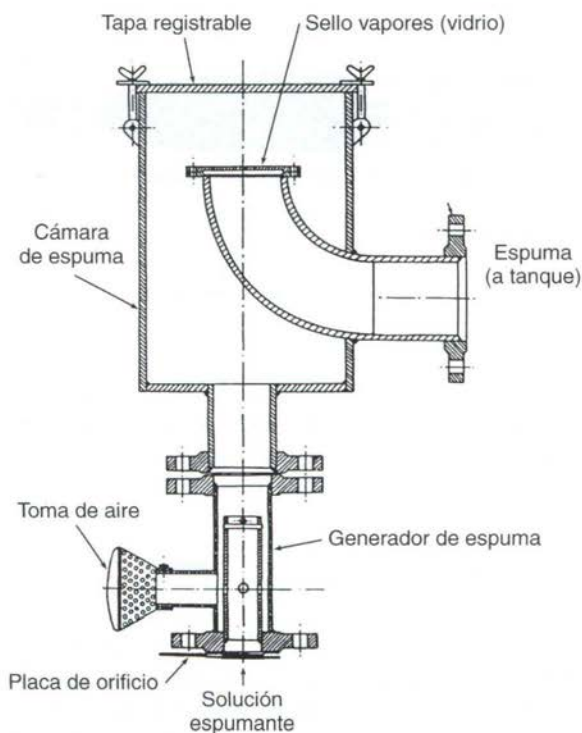


Figura 63. *Conjunto típico de generador-cámara de espuma.*

— Inyección bajo superficie:

Se trata más de un método de aplicación que de un elemento. Consiste en inyectar la espuma de baja expansión en el interior del tanque protegido por su parte inferior, con el fin primordial de eliminar la vulnerabilidad a que se ha hecho mención en el caso de las cámaras de espuma.

También suele ser interesante su utilización para proteger tanques ya existentes, pues permite aprovechar para ello las líneas de llenado o vaciado de los mismos.

El elemento fundamental es el generador, que debe ser adecuado para este tipo de aplicación particular, sin que exista un elemento de aplicación propiamente dicho, pues basta con introducir la espuma en el seno del lí-

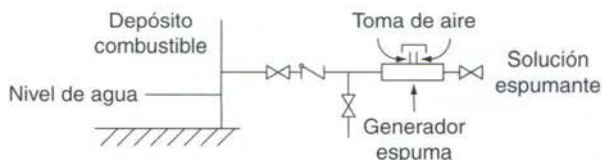


Figura 64. *Detalle típico de inyección bajo superficie.*

quido combustible para que ésta ascienda, por su menor densidad, hasta la superficie libre del mismo. La figura 64 muestra un esquema típico de estos sistemas de aplicación.

A este respecto, se debe tener presente que sólo se pueden utilizar, con este método, espumas con un alto grado de resistencia a la contaminación por el propio combustible, por lo que su uso sólo es recomendable para combatir fuegos de hidrocarburos con espumas fluoroproteínicas y AFFF, y nunca con espumas proteínicas.

Por otra parte, el grado de contaminación de la espuma depende de la velocidad de introducción de la misma una vez expandida, por lo que no deben superarse los 3 m/s en el caso de hidrocarburos de clase B1 y los 6 m/s en otros casos.

Un último aspecto que hay que considerar es evitar que la espuma entre por debajo del nivel de agua que previsiblemente se acumula en el fondo de los tanques.

En cuanto a presiones de operación, se requieren presiones residuales de entrada al generador no inferiores a 7 bar y unas contrapresiones máximas aguas abajo del mismo no superiores al 40 %, aproximadamente, de la presión de entrada. Téngase en cuenta a este respecto que aguas abajo del generador circula ya espuma expandida, con unas mayores pérdidas de carga, por tanto, que las de la solución espumante.

— Generadores de alta expansión (figura 65):

Se trata de elementos de generación y aplicación de espumas de alta expansión, para lo que se agrega una mayor proporción de aire a una solución espumante de tipo adecuado, normalmente mediante un ventilador de tiro forzado. También se requiere una mayor agitación de la solución espumante.

Este ventilador puede ser accionado mediante un motor eléctrico o, lo que es más normal, mediante el propio flujo de solución espumante.

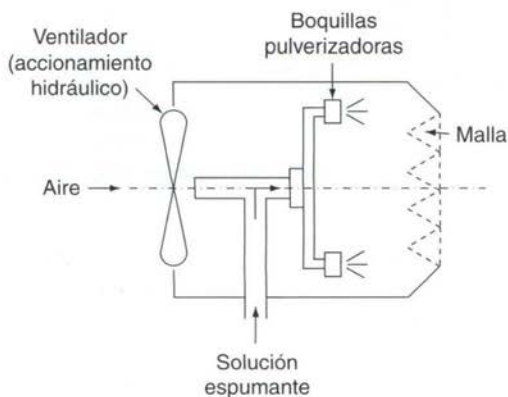


Figura 65. Esquema de un generador de alta expansión (con turbina de agua).

Estos elementos pueden ser de tipo fijo o móvil, y pueden aplicar la espuma directamente o a través de mangas o conductos especialmente diseñados.

La presión residual necesaria a la entrada de los mismo suele ser del orden de 5-7 bar.

— Otros tipos:

Para determinadas aplicaciones concretas pueden existir otros elementos específicos de aplicación de la espuma, cuya idoneidad deberá ser valorada en cada caso, de acuerdo con consideraciones similares a las efectuadas en los puntos anteriores. En particular, siempre que se trate de elementos de aplicación móviles se debe valorar especialmente la posible exposición del operador de los mismos.

d) Tuberías y accesorios:

Las tuberías y accesorios utilizables en los sistemas de espuma son, en principio, de acero al carbono de los mismos tipos que los aprobados para su uso en los sistemas de agua. Sin embargo, se debe valorar la po-

sible corrosividad de los agentes espumantes utilizados a la hora de seleccionar los materiales más adecuados.

En general, es recomendable el uso de tuberías de clase negra en los tramos por los que circule la solución espumante, y de acero inoxidable u otros materiales adecuados contra la corrosión en los tramos por los que circule el concentrado espumógeno.

En caso de utilizarse materiales diversos, a lo largo de la instalación, se debe prestar especial atención a la posible aparición de pares galvánicos.

En cuanto al tipo de uniones son preferibles, siempre que sea posible, las soldadas a las roscadas, por el debilitamiento que éstas pueden suponer en cuanto a la posible corrosión.

e) Otros elementos: válvulas, bombas, etc.:

Las características de estos elementos serán similares a los utilizados para los sistemas de agua, pero prestando especial atención al comportamiento de los materiales ante los diversos productos utilizados.

Se debe tener especial cuidado en la selección e instalación de elementos tales como empaquetaduras, cierres, etc.

Condiciones de instalación

Además de los condicionantes de instalación que se hayan podido citar anteriormente, se deben tener en cuenta otra serie de condiciones, propias de estos sistemas.

- Los trazados de tuberías se realizan de forma que faciliten el vaciado de los diferentes tramos después de la operación. Para ello se les han de dar las necesarias pendientes, y disponer los elementos auxiliares que sean precisos.
- Asimismo, se han de disponer las conexiones necesarias que permitan una adecuada limpieza por flujo de agua de dichos tramos: en particular, elementos de *by-pass* de los equipos de dosificación si es necesario (particularmente si están en serie), que permitan usar el agua de la red para dicho fin.
- Aquellos tramos de tubería que vayan a encontrarse normalmente llenos y puedan verse sometidos a heladas se han de proteger adecuadamente.

- La tubería y demás elementos se deben sujetar adecuadamente mediante soportes de tipo rígido similares a los utilizados en los sistemas de agua. En aquellas zonas en las que la instalación pueda verse sometida a los efectos previsibles del incendio (explosión, radiación térmica, etc.) se adoptan las medidas oportunas (enterramiento, flexibilidad, etc.) para garantizar la operatividad del sistema bajo dichos supuestos.
- Se ha de prestar especial atención a la ubicación de aquellos elementos del sistema que requieran, o puedan requerir, una actuación humana, con el fin de reducir al máximo las posibles exposiciones al fuego de dichas personas.

Sistemas «limpios»

Reciben el nombre genérico de «sistemas limpios» aquellos cuyo agente extintor, denominado a su vez «agente limpio» (*clean agent*), consiste en un gas comprimido o un líquido volátil (de tensión de vapor alta, superior a la atmosférica, en condiciones normales) que, una vez descargado, no deja residuos sólidos ni líquidos en el lugar donde se produjo la descarga.

Tradicionalmente, los agentes limpios utilizados universalmente en extinción de incendios eran el dióxido de carbono y, posteriormente, los halones. La crisis de fabricación y uso de estos últimos, derivada del deterioro de la capa de ozono atmosférica, ha dado pie a la creación de nuevos agentes (agentes químicos limpios) y a la utilización en la extinción de incendios de gases inertes, solos o en mezclas, alguno de los cuales ya venían utilizándose en prevención de incendios para inertización de locales o recipientes que pudieran contener gases o vapores inflamables.

Tipología de los sistemas limpios

a) Sistemas de inundación total o de aplicación local:

Según el método empleado para apagar o controlar el incendio, las instalaciones de estos agentes pueden ser de inundación total o de aplicación local.

Un sistema de inundación total es aquel que descarga una cantidad de agente en un recinto cerrado de forma que mantenga la concentración necesaria en todo el recinto durante un tiempo predeterminado.

Ejemplos típicos son: salas de ordenadores, salas de cuadros eléctricos, almacenes de productos farmacéuticos, archivos, depósitos de libros...

Un sistema de aplicación local es aquel que descarga el agente directamente sobre el material incendiado, de manera que crea una envolvente alrededor del material u objeto protegido y la mantiene durante un tiempo predeterminado.

Ejemplos típicos son: cabinas o baños de pintura, baños de aceite, etc.

b) Sistemas centralizados y modulares:

Según la ubicación de la reserva de agente que se va a descargar, los sistemas se clasifican en centralizados y modulares.

En los sistemas centralizados la reserva de agente está almacenada en una batería de botellas colocadas una junto a otra. Al producirse el disparo las botellas descargan simultáneamente en un colector conectado a la red de tuberías que conduce el agente extintor hasta los difusores. Los difusores están distribuidos en el riesgo de manera que difundan el agente de forma adecuada.

Los sistemas centralizados se usan tanto en instalaciones de inundación como de aplicación local.

Todas las botellas de un sistema centralizado tienen el mismo volumen, la misma carga de agente, la misma tasa de relleno, y la misma presión o sobrepresión de nitrógeno, el mismo tipo y tamaño de tubo sonda y de válvula.

En los sistemas modulares las botellas con el agente extintor están distribuidas por el riesgo. Cada botella descarga directamente por el difusor que tiene montado a la salida de su válvula. Al producirse el disparo las botellas descargan simultáneamente al ambiente.

Las botellas con sus válvulas y difusores deben estar distribuidas de forma que la difusión del agente extintor sea adecuada.

Los sistemas modulares se usan mucho menos que los centralizados, y casi siempre para inundación; raramente para aplicación local.

Las botellas de un sistema modular pueden ser diferentes entre sí en carga, tasa de relleno, etc.

Instalaciones fijas de CO₂

El dióxido de carbono, denominado también anhídrido carbónico y CO₂, es uno de los agentes extintores de más antigua utilización. Existen tres características que pueden recomendar su uso: aislamiento dieléctrico, economía y limpieza.

El dióxido de carbono, por tanto, se utiliza básicamente si se desea un agente extintor para proteger equipos con tensiones eléctricas altas, bienes de alto valor que se depreciarían por la deposición de residuos, o en aquellos casos en que se requiera un agente extintor económico para ser descargado con frecuencia, ya que la relación de costes agente/instalación es muy inferior en el dióxido de carbono que en los demás agentes, excepto el agua.

a) Efectividad extintora. Formas de aplicación:

El dióxido de carbono es capaz de extinguir los fuegos de los siguientes tipos:

- Fuegos de clases B y C (líquidos inflamables y gases combustibles).
 - En recintos cerrados extingue fundamentalmente por desplazamiento de oxígeno (inertización), si se alcanzan las concentraciones necesarias. Es el uso de *inundación total*.
 - En recintos abiertos extingue mediante una combinación de enfriamiento y sofocación. En este caso hay que considerar que es el agente BC de menor efectividad específica. Es el uso de *aplicación local*.
- Fuegos de clase A (combustibles sólidos ordinarios)
 - Por su efecto de enfriamiento es capaz de extinguir fuegos de esta clase, siempre que sean poco profundos, ya que su calor específico es bajo y no produce empapamiento.
 - En los usos de inundación total, la efectividad del agente dependerá, sobre todo, de la detección temprana del fuego, para evitar formación de brasas profundas.

- En los usos de aplicación local, además de la detección temprana, se deberá tener en cuenta la disposición del combustible, ya que un apantallamiento de la descarga impedirá la extinción de las zonas no accesibles directamente.

El uso más extendido de los sistemas de dióxido de carbono es mediante sistemas centralizados, ya sean de inundación total o de aplicación local. Además de estos dos tipos existen *otros tipos de sistemas fijos*, entre los que podemos citar los siguientes:

- *Sistemas modulares*. Estos sistemas no tienen aplicación extendida en dióxido de carbono se reducen casi exclusivamente a usos militares.
- *Sistemas fijos con manejo manual*. Se pueden dividir, a su vez, en *sistemas fijos con abastecimiento móvil*, que consisten en sistemas de tuberías de distribución que no se encuentran unidas a las baterías de suministro, sino que son abastecidas, en caso de emergencia, por botellas montadas sobre carro, y en *sistemas de mangueras*, en los que el abastecimiento y las tuberías de distribución no se encuentran unidas a boquillas de descarga, sino a mangueras manuales.

Para lograr la extinción se debe proteger toda la zona en la que sea posible una propagación del fuego. Esto se consigue, por su propia naturaleza, en los sistemas de inundación total, pero en los usos de aplicación local deberá utilizarse una protección perimetral, mediante descargas adicionales o elementos de captación de posibles derrames o proyecciones.

La descarga del dióxido de carbono puede originar cargas eléctricas estáticas. Esto puede ser peligroso en zonas de atmósferas potencialmente explosivas, por lo que en estos casos todos los elementos en contacto con el agente extintor, incluidas las boquillas, deben ser metálicos. El sistema debe estar puesto a tierra de forma conveniente.

b) Depósitos y contenedores:

Los contenedores de dióxido de carbono mantienen el agente exterior a presión —la propia presión de vapor será la que origine la descarga— y, por tanto, deben estar diseñados y construidos según las especificaciones correspondientes a los recipientes a presión que les sean aplicables.

Los contenedores deben estar lo más cerca posible del riesgo protegido, para evitar pérdidas de carga, disminuir las posibilidades de daño a las conducciones, y abaratar costes de instalación, pero siempre fuera del riesgo protegido, con la excepción de los sistemas modulares.

Los contenedores deben estar protegidos contra daños mecánicos o cualquier otro de tipo ambiental.

Los contenedores pueden ser de dos tipos:

- *Alta presión:* en ellos el dióxido de carbono se encuentra en botellas a temperatura de 20 °C, con una presión de 60 bar. Es el tipo más utilizado.

Debe prestarse atención especial a la temperatura de los contenedores. Una temperatura superior a 60 °C puede elevar la presión hasta hacer funcionar los elementos de seguridad en las botellas. Una temperatura baja modificará las condiciones de la descarga. No es recomendable superar los 50 °C ni llegar por debajo de 0 °C. En los sistemas de inundación total puede permitirse una temperatura inferior, hasta -20 °C, si está justificada en los cálculos.

- *Baja presión:* en ellos el dióxido de carbono se encuentra contenido en grandes contenedores refrigerados, a -20 °C, con una presión de 20 bar. Se utiliza en aquellas instalaciones que tienen permanentemente en marcha grandes sistemas de refrigeración, y proporciona ahorro de espacio, así como de espesor de chapa en los contenedores.

Estos recipientes deben disponer de sistemas de refrigeración y calefacción (si es preciso) suficientemente fiables y capaces, incluso en casos de emergencia. De igual manera, dispondrán de controles de nivel de líquido y de presión.

La temperatura deberá mantenerse en los límites de -23 y -17 °C, y la presión entre 17 y 22 bar. No se exige sistema de alarma para indicar que la temperatura está fuera del intervalo, pero sí para indicar presiones fuera de tolerancia.

c) Tuberías:

Las tuberías y sus accesorios han de ser resistentes a la presión, bajas temperaturas y corrosión, tanto interna como externa. Los materiales que se han de utilizar pueden ser, fundamentalmente, acero galvanizado y

bronce, aunque pueden emplearse materiales de similares o mejores características mecánicas, térmicas y anticorrosivas. No se utiliza fundición gris.

d) Válvulas:

Las válvulas de cierre para los contenedores deben cumplir las especificaciones de la reglamentación sobre aparatos a presión existente.

Las válvulas de seguridad para las tuberías de los sistemas de alta presión funcionan en el intervalo comprendido entre 160 y 200 bar. Las de sistemas de baja presión funcionan en el intervalo comprendido entre 30 y 35 bar.

En aquellos sistemas que tengan apertura con mando neumático se colocan las válvulas de venteo necesarias para evitar que las fugas a colectores cerrados alcancen la presión suficiente para ocasionar descargas accidentales.

e) Boquillas de descarga:

Las boquillas de descarga han de ser de materiales compatibles con las bajas temperaturas y altas presiones a las que presumiblemente van a trabajar, y resistentes a la corrosión externa e interna. Su diseño será tal que evite las posibles obstrucciones ocasionadas por la expansión del agente. En atmósferas potencialmente explosivas se utilizan boquillas metálicas.

f) Medios de control:

Los sistemas de dióxido de carbono pueden funcionar mediante control automático o mando manual y en cualquier caso están provistos de un mando manual de emergencia. Este último debe asegurar la descarga del sistema, bajo cualquier condición, incluso sin abastecimiento energético.

Debe disponer de un sistema de alarma fiable que indique si la descarga se ha producido una vez dada la orden (automática o manual) de disparo y transcurrido el retardo programado, caso de existir. Si no se ha producido la descarga debe sonar una alarma en el lugar especificado por el plan de emergencia.

El disparo (automático, manual o de emergencia) actúa directamente sobre la válvula de descarga de uno o varios contenedores, llamados piloto. Los demás pueden descargar comandados por la presión originada por los contenedores piloto en una tubería o colector de mando.

El número y carga de las botellas piloto debe asegurar la presión suficiente que ponga en marcha todo el sistema.

g) Diseño de los sistemas:

Según el tipo de sistema que se vaya a utilizar y los elementos o riesgos que se vayan a proteger, se calcula la cantidad y tiempo de descarga, de donde se obtiene el caudal medio de descarga del sistema. Con estos datos se realiza el cálculo del número de contenedores necesarios para la descarga.

Para los cálculos de los caudales se deben tomar como base las especificaciones (tablas o gráficos de características) de pérdidas de carga/presión del dióxido de carbono, empezando desde el contenedor y dividiendo el sistema de distribución en tramos, según las longitudes y tamaño de las tuberías.

En la tabla 24 adjunta se presentan las longitudes equivalentes de accesorios generales. Las longitudes equivalentes de válvulas y accesorios específicos deberán ser certificadas mediante los ensayos correspondientes.

La presión en las boquillas de descarga debe ser superior a los 20 bar para sistemas de alta presión, y a los 10 bar para sistemas de baja presión. Una vez conseguido esto, se escoge la boquilla que proporcione la descarga deseada y, posteriormente, se comprueban y corrigen los cálculos si es necesario.

Si se tiene prevista descarga prolongada, debido a fugas en el riesgo protegido, el caudal se calcula suponiendo que la descarga principal ya se ha producido, y obteniendo las dimensiones de los elementos prolongadores de descarga. En determinados casos puede ser conveniente que la descarga prolongada no se realice a través del colector general.

h) Sistemas de inundación total:

Los sistemas de inundación total se utilizan para la extinción de fuegos en recintos cerrados, o con pequeña superficie abierta respecto a la superficie total que lo delimita.

Tabla 24
LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS

pulg.	mm	Codo 45°		Codo 90°		Te	
		Roscado	Soldado	Roscado	Soldado	Roscada	Soldada
3/8	10	0,18	0,06	0,4	0,21	0,82	0,49
1/2	—	0,24	0,09	0,52	0,24	1,04	0,64
3/4	20	0,30	0,12	0,67	0,34	1,37	0,85
1	25	0,40	0,15	0,85	0,43	1,74	1,07
1 1/4	—	0,52	0,21	1,13	0,55	2,29	1,40
1 1/2	—	0,61	0,24	1,31	0,64	2,65	1,65
2	50	0,79	0,30	1,68	0,85	3,41	2,10
2 1/2	—	0,94	0,37	2,01	1,01	4,08	2,50
3	75	1,16	0,46	2,50	1,25	5,06	3,11
4	100	1,52	0,61	3,26	1,65	6,64	4,08
5	125	1,92	0,76	4,08	2,04	8,35	5,12
6	150	2,32	0,91	4,94	2,47	10,00	6,16

Fundamentalmente se usan para la extinción de incendios en equipos eléctricos, ya sea en pequeños recintos o dentro de cubiertas o carcasas. En este último caso será más efectivo si existe recirculación, aunque no es necesario.

El esquema típico de estos sistemas es el siguiente: batería de botellas de dióxido de carbono (o depósito de baja presión); baterías de repuesto, si es necesario; tuberías de distribución; boquillas de aplicación y sistema de mando y control.

—Especificaciones y diseño:

El diseño de sistemas de inundación de dióxido de carbono requiere la especificación fundamental de los siguientes puntos:

- Concentración de agente extintor.
- Duración de la descarga. Caudal.
- Intervalo de permanencia de la concentración mínima requerida.
- Tipo de control y detección del fuego.

La concentración de agente extintor es la que debe dar origen al cálculo total de la cantidad de agente. Se han de tener en cuenta los posibles

fugas de agente hacia el exterior del riesgo protegido. Se puede asegurar la concentración de agente mediante la descarga prolongada de mayor cantidad, si las fugas previsibles son del orden del 20 % del total descargado. Si éstas fuesen inferiores, puede descargarse la cantidad adicional en la descarga principal, o asegurarse, mediante los cálculos pertinentes, de que la descarga prolongada no va a tener una aplicación irregular ni obstrucciones por expansión brusca de agente.

No deben utilizarse sistemas de dióxido de carbono para fuegos profundos si no está asegurada, mediante los cálculos pertinentes, la concentración mínima en el tiempo deseado y en todo el volumen presumiblemente ocupado por este tipo de fuegos.

—Detección y control:

La detección necesaria para la utilización de sistemas de dióxido de carbono podrá ser manual o automática. En ambos casos se debe tener en cuenta si el sistema ha sido diseñado para la extinción de fuegos profundos. Si no es éste el caso, sólo se admite detección exclusivamente manual cuando exista ocupación permanente; además, la detección automática debe asegurar un tiempo de puesta en marcha del sistema que impida la formación de brasas.

Debido a que la descarga de agente es asfixiante, se debe asegurar el bloqueo del sistema cuando haya ocupación en el riesgo que se va a inundar. Es preferible un bloqueo mecánico que uno eléctrico. En todo caso, el bloqueo ha de estar correctamente señalizado, preferiblemente incluyendo señalización remota.

— Concentraciones:

La concentración necesaria para la extinción de materiales combustibles puede ser calculada por valores de oxígeno residual en combustibles, u obtenida de las tablas correspondientes. En cualquier caso se puede considerar el 30 % como valor mínimo generalizado.

Para el cálculo de la cantidad que se va a descargar se dan dos valores: el factor de volumen y el factor de combustible.

El factor de volumen indica la proporción mínima teórica que se va a descargar, en función del volumen de la zona que se va a inundar (tabla 25). Se puede utilizar para riesgos completos o para zonas de cobertura de boquillas de descarga.

Tabla 25
FACTOR DE VOLUMEN

Volumen de la zona (m ³)	Factor de volumen
0-4	1,15
4-15	1,07
15-45	1
45-125	0,9
125-1.500	0,8
más de 1.500	0,77

Tabla 26
FACTOR DE COMBUSTIBLE

Concentración de diseño de CO ₂ (%)	Factor de combustible
Hasta 34	1
40	1,2
45	1,4
50	1,6
55	1,85
60	2,15
65	2,45
70	2,8
75	3,2
80	3,75

El factor de combustible indica un número por el que se ha de multiplicar el factor de volumen, en función del porcentaje de diseño de agente extintor exigido por el combustible (tabla 26).

Si en una zona existen riesgos interconectados que vayan a inundarse conjuntamente, la cantidad que se va a descargar se basa en la mayor concentración de agente de entre las exigidas por los distintos riesgos.

— Aplicación. Ventilación:

Las boquillas de aplicación han de estar diseñadas de forma que produzcan la turbulencia deseada conveniente para una homogeneización de la descarga, pero teniendo en cuenta que:

- La turbulencia no debe originar un aumento de los fuegos.
- No debe originar derrames de líquidos inflamables.
- No debe originar torbellinos de partículas combustibles.

Debe disponerse de una ventilación que evite daños mecánicos por sobrepresión. La superficie de venteo será calculada de una manera aproximada, según la fórmula:

$$S = \frac{24 \times M}{P}$$

siendo

S: superficie de venteo en mm².

M: caudal medio de agente, en kg/min.

P: resistencia aproximada de las cubiertas, en bar de sobrepresión.

i) Sistemas de aplicación local:

La misión de estos sistemas es la extinción de incendios en espacios no confinados, mediante una descarga que cubra todas las superficies del riesgo y las zonas adyacentes que pueden verse involucradas con la suficiente densidad de aplicación de agente extintor, durante el tiempo necesario para conseguir la extinción total del incendio.

Si los riesgos protegidos presentan un peligro de incendio en las superficies exteriores, como es el caso de depósitos abiertos o posibles derrames, el cálculo de la descarga se realiza basándose en la superficie que se va a proteger (cálculo superficial). Aunque la densidad de aplicación depende del combustible, se puede tomar como caso general la de 25 kg/min . m².

Si, por el contrario, la configuración del riesgo que se va a proteger no permite una equivalencia superficial inmediata, se aplica el cálculo basándose en el volumen (cálculo volumétrico).

El tiempo necesario para la extinción del incendio debe ser, al menos, de 30 segundos, como caso general.

— Descarga. Boquillas:

Las boquillas de descarga, al contrario que en la mayoría de los sistemas de inundación total, deben ser de baja velocidad, tipo difusor.

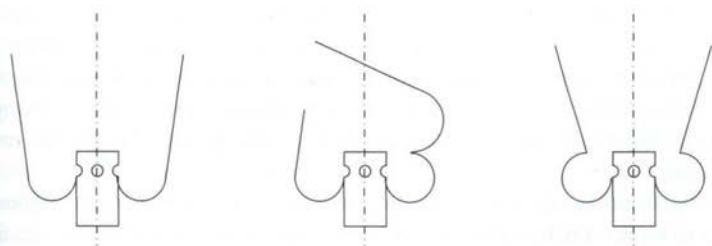


Figura 66. Esquema de algunos tipos de boquillas para aplicación local de CO_2

Por lo general, las boquillas de estos sistemas se componen de unos orificios de pequeño calibre en los que se produce la principal pérdida de presión, que descargan en una cámara redondeada en espiral o en cono, en la que se origina la transformación de velocidad en presión (figura 66).

— Cálculo superficial:

La distancia, cobertura y colocación de las boquillas es especialmente importante en los sistemas diseñados en función de la superficie protegida, ya que debe existir proyección directa de agente sobre la totalidad de la superficie exterior del riesgo.

Por lo general, las boquillas se colocan perpendiculares a la superficie del riesgo protegido. El cálculo de la densidad de descarga y de la superficie de cobertura se realiza partiendo de la distancia entre la boquilla y el punto del riesgo sobre la que aquella está enfrentada (punto teórico de proyección). Las boquillas pueden instalarse también de forma oblicua, bajo ángulos mayores de 45° . En tal caso la densidad de descarga se calcula de la misma forma que con boquillas perpendiculares.

— Cálculo volumétrico:

Se utiliza cuando la configuración exterior del riesgo protegido es tan compleja que no permite establecer una equivalencia superficial o situar las boquillas según las reglas expresadas en el apartado anterior.

Para el cálculo de la descarga se supone que el riesgo está situado en el interior de un lugar cerrado cuyas superficies son el suelo real y unas paredes imaginarias que se encuentran situadas a no menos de 60 cm de las zonas más salientes del riesgo. El recinto imaginario tendrá base rectangular.

La densidad de descarga es de 32 kg/min. por cada m^3 del recinto imaginario.

La densidad de descarga puede reducirse si existen paredes reales que rodean al riesgo. Dichas paredes deben cumplir las siguientes condiciones para ser tomadas en cuenta:

- Hallarse enfrentadas al riesgo.
- Encontrarse dentro del recinto imaginario descrito anteriormente.
- Cubrir totalmente una cara del riesgo, y tener una longitud superior al 25 % del perímetro de la base del nuevo recinto imaginario que constituyan.
- Tener una altura superior a la mayor altura del riesgo y, en todo caso, tener una altura superior a 120 cm.

En caso de cumplir dichas condiciones, la densidad de descarga puede reducirse, según la tabla siguiente:

Tabla 27
DENSIDAD DE DESCARGA CON PAREDES REALES

% de perímetro con pared real	Densidad de descarga
25-50	30 kg/min · m^3
50-75	26 kg/min · m^3
75-100	19 kg/min · m^3

Quando las paredes reales cierran totalmente el perímetro del riesgo se podrá efectuar una proyección desde la parte superior, calculada según la superficie y aplicando la densidad de 25 kg/min · m^2 .

— Descarga adicional:

La descarga adicional en los sistemas de aplicación local tiene la misma utilidad y debe diseñarse de la misma forma que para los sistemas

de inundación total. La descarga adicional no debe ser necesaria para los sistemas calculados en función de la superficie.

Se requiere una descarga adicional de 10 kg/min. por cada m^2 de aberturas, si éstas se encuentran en las paredes reales que rodean totalmente al riesgo en una proporción menor del 10 %. Si alguna pared contiene aberturas en proporción mayor del 10 % no se considera pared de confinamiento.

Si el riesgo protegido se supone confinado pero tiene aberturas en la base y éstas no exceden el 3 % de la superficie de la misma, se puede utilizar el sistema de cálculo superficial, pero se necesita una descarga adicional de 50 kg/min. por cada m^2 de abertura.

Si las aberturas de la base sobrepasan el 3 % pero no llegan al 10 %, se puede crear una cortina mediante proyección lateral de agente extintor, con descarga adicional de 10 kg/min. por cada m^2 de abertura.

Si las aberturas de la base sobrepasan el 10 %, se requiere una protección mediante proyección perpendicular u oblicua sobre la base, que no puede ya ser considerada superficie de confinamiento.

En cualquier caso, si existen aberturas se protegerán los posibles derrames o fugas ocasionadas a través de ellas.

— Diseño y cálculos:

Para el cálculo de los sistemas de aplicación local se parte de dos parámetros de diseño, la densidad de descarga y la superficie de cobertura de las boquillas.

Los cálculos de pérdidas de carga en tuberías se realizan, como en los sistemas de inundación total, siguiendo las tablas del suministrador y según las características verificadas de la descarga de las boquillas.

Debe tenerse en cuenta, para el cálculo de la cantidad de agente extintor necesario, que sólo se considera eficaz el agente que llega líquido a las boquillas.

Los sistemas de alta presión sólo descargan en forma líquida el 70 % de su carga. Por ello, se debe tener un 40 % de sobrecarga para asegurar el tiempo de descarga de 30 segundos.

En los sistemas de baja presión no se toma en cuenta, como tiempo de extinción, el intervalo de enfriamiento inicial de las tuberías, por lo que la duración total de la descarga ha de ser superior a los 30 segundos exigibles.

Las corrientes de aire pueden distorsionar la descarga respecto a la teórica. Si no es posible evitar dichas corrientes (desconectando ventila-

dores o cerrando aberturas) se debe asegurar la densidad de descarga disminuyendo la superficie de cobertura de las boquillas, bien sea reduciendo la separación entre ellas o colocando boquillas adicionales.

Antes de realizar la descarga de agente se debe parar todo el equipo auxiliar que pueda obstaculizar la extinción, como pueden ser ventiladores, extractores, los propios elementos móviles del riesgo o las bombas de abastecimiento de combustibles.

— Control y accionamiento:

El funcionamiento de los sistemas de aplicación local debe estar comandado por detección automática, aunque siempre se exige un accionamiento manual. La detección puede ser innecesaria si existe ocupación permanente en los momentos en que exista peligro de incendio en el riesgo protegido. De igual manera, se puede prescindir de la detección automática cuando las características del riesgo permitan asumir un retraso máximo previsible en el inicio de la extinción.

Todo sistema debe disponer de una señal óptica que indique si se ha producido descarga.

Si el sistema tiene accionamiento por detección u otro medio complejo, debe disponerse de una supervisión que dé el aviso de cualquier avería.

j) Sistemas de mangueras manuales:

Los sistemas de mangueras manuales suplementan a los extintores portátiles, cuando el riesgo que se va a proteger exige eficacias mayores, o a los sistemas fijos, cuando la disposición del riesgo permite suponer la posibilidad de zonas reducidas insuficientemente protegidas. El uso de estos sistemas puede aplicarse a la protección de riesgos con geometrías complicadas, en los que no se vayan a originar fuegos tales que impidan la aproximación de las personas, e insuficientemente confinados para utilizar sistemas de inundación.

Las tomas de mangueras deben encontrarse más próximas a las vías de escape que los riesgos que protegen y en una situación relativa, respecto al riesgo, que los haga accesibles en caso de incendio.

Las mangueras deben estar permanentemente conectadas, situadas en soportes de tipo devanadera o plegadora.

Las boquillas de proyección suelen ser de baja velocidad, con difusor preferiblemente cilíndrico o cónico de baja conicidad, y con mangos u otros elementos que permiten su fácil maniobra sin peligro de quemaduras por baja temperatura. Es preferible que puedan ser controlados por una sola persona.

La cantidad de agente extintor debe permitir el uso simultáneo de todas las boquillas, con descarga efectiva, durante, al menos, 1 minuto.

Como ocurre con todos los sistemas manuales, es recomendable el entrenamiento del personal asignado a los mismos, con el fin de familiarizarse con su utilización.

k) Sistemas fijos con suministro móvil:

Se utilizan para inundación total en el caso de que haya muchos riesgos específicos similares y no se considere preciso disponer del suministro de agente extintor necesario para el uso simultáneo de todos los sistemas.

Generalmente, el suministro móvil está concebido también para uso manual.

Este tipo de sistemas sólo se pueden utilizar si se dan las siguientes condiciones:

- Los riesgos protegidos están lo suficientemente separados física y funcionalmente como para suponer improbable el incendio simultáneo.
- El retraso previsto en el comienzo de la extinción no es importante tanto en lo que se refiere a las dificultades de extinción como a la propagación del incendio a otros elementos o zonas.

l) Recomendaciones:

Se debe prever la existencia de contracciones peligrosas de CO_2 , tanto en la zona de descarga como en lugares de cota inferior sin ventilación suficiente en los que el gas pueda acumularse. Si es preciso, se ha de disponer de una señal de evacuación y un retardo para la descarga.

Los sistemas de CO_2 requieren inspecciones visuales frecuentes y pruebas de funcionamiento con periodicidad anual. Dichas pruebas incluirán la descarga de la cantidad de CO_2 necesaria para activar todos los elementos operativos y de control de los sistemas.

La carga de los recipientes de CO_2 de alta presión se controla mediante pesada, de forma permanente mediante dispositivos al efecto o al menos una vez al año. Si la carga neta de los cilindros es inferior a la mínima exigible según los cálculos, deberán recargarse los cilindros necesarios. Si la relación de pesos con respecto a la revisión anterior permite predecir una carga neta inferior a la exigible antes de la próxima revisión, se deberán recargar (y revisar, si es preciso) los recipientes necesarios.

Los recipientes de baja presión se controlan mediante medidor de nivel de líquido. Las exigencias de recarga son equivalentes a las requeridas para los de alta presión.

Sistemas de gases inertes

Como se ha comentado anteriormente, los gases inertes han comenzado a utilizarse extensamente en sistemas de extinción de incendios a partir de la crisis de producción de los halones clásicos. Los agentes de gases inertes para extinción de incendios son definidos por la NFPA 2001 como aquellos que contienen, como componente primario, uno o más de los siguientes gases: helio, neón, argón o nitrógeno. Las mezclas de gases pueden contener también dióxido de carbono como componente secundario.

El mecanismo de extinción, las limitaciones de uso y las concentraciones de estos agentes son los mismos que los del dióxido de carbono. Las diferencias fundamentales entre unos sistemas y otros son las siguientes:

- Estos sistemas son básicamente de inundación, utilizándose raramente para aplicación local o medios manuales.
- Los gases inertes se almacenan comprimidos en lugar de licuados como el dióxido de carbono. Por ello, para almacenar la masa necesaria para la inundación requieren baterías de contenedores de mayor tamaño que las que se utilizan en los sistemas de CO_2 .
- Por la misma razón, el tiempo de descarga del gas es muy superior al del dióxido de carbono, que llega líquido hasta las boquillas de proyección, lo que puede ir en detrimento de su efectividad como «reductor de daños» en fuegos de desarrollo rápido.
- La presión de almacenamiento suele estar comprendida entre 150 y 300 bar. Estas altas presiones suponen una exigencia para las tuberías de distribución. Si se utilizan válvulas reguladoras de presión para rebajar las exigencias de las tuberías se aumentará aún más la duración de la descarga.

- La densidad del agente extintor es muy similar a la del aire, lo que elimina prácticamente la probabilidad de estratificación y el peligro de formación de atmósferas asfixiantes por acumulación de agente extintor en recintos situados sobre o bajo el riesgo protegido.
- Por lo general, pueden utilizarse para inundación de recintos ocupados, siempre que la concentración de agente extintor *alcanzada* (incluyendo las correcciones correspondientes a la temperatura y presión atmosférica del recinto que se va inundar) no sea superior al 43 % (NOAEL de estos gases en aire normal). La NFPA 2001 establece dicha concentración como valor de *diseño*, basándose en la correspondencia de dicho valor con una concentración de oxígeno del 12 %. También admite concentraciones de hasta el 53 % (LOAEL de estos gases en aire normal) bajo ciertas condiciones (prealarma con retraso en la descarga).

Sistemas fijos de halón (1301 y 1211)

Hasta el momento en que la fabricación de los halones 1301 y 1211 ha cesado en la mayoría de los países industrializados, estos sistemas, especialmente los de halón 1301, han sido profusamente instalados para proteger zonas en las que se encuentran ubicados bienes de alto valor (material o estratégico), sobre todo si en dichas zonas se presume la presencia de personas de forma permanente o habitual.

El acuerdo de cese de producción de dichos halones ha sido originado por el efecto destructivo sobre la capa de ozono atmosférica de las descargas de estas sustancias. Esto quiere decir que lo que se ha de evitar es descargar halón cuando no existe necesidad (por ejemplo, en pruebas sin fuego). Cuando se descarga halón para combatir un incendio, parte del agente extintor se descompone por efecto del fuego, por lo que su efecto sobre la atmósfera es muy inferior.

Actualmente no existe un sistema económicamente viable para eliminar el halón existente. Sí existen métodos para recuperar el halón al efectuar el retimbrado de los recipientes (en los que el halón se encuentra con nitrógeno disuelto y con otras impurezas que deben eliminarse para recargar y presurizar de nuevo). Asimismo, existen «bancos de halón» que se alimentan de las instalaciones que quedan fuera de servicio y que permiten adquirir halón para recarga a precios no prohibitivos. Sin embargo, no hay constancia de que esta vía de actuación sea habitual en España.

En todo caso, debe quedar constancia de que ha de evitarse a toda costa la descarga injustificada de halón a la atmósfera, que en algunos casos se da ante el temor de asumir los costes de una hipotética eliminación de las reservas propias de dicho agente. Es recomendable contactar con el suministrador.

En este apartado se proporciona información sobre el diseño y cálculo de los sistemas de halón, así como características y propiedades de los halones 1301 y 1211, a pesar de que en la actualidad será prácticamente nulo el número de sistemas de estos halones que vayan a ser calculados. Sin embargo, los criterios generales son utilizados también para el diseño y cálculo de sistemas «limpios», cuyos agentes extintores también son, en la mayoría de los casos, halones y muchas de cuyas propiedades se dan tomando como referencia las de los halones 1211 y 1301.

a) Efectos de las descargas de halón:

El efecto principal de la descarga es que se apaga inmediatamente toda llama y el fuego superficial. El fuego profundo, si existe, tarda más en apagarse o no se llega a apagar del todo, solamente se mantiene controlado.

Otros efectos de la descarga son turbulencias, ruido, descenso de la temperatura, opacidad, aumento de la densidad del aire y sobrepresión.

Turbulencia. Debido a la poca duración que debe tener una descarga (10 segundos), el caudal de salida de cada difusor es apreciable y provoca una turbulencia capaz de arrastrar papeles u objetos de poco peso.

El *ruido* producido por una descarga de halón es apreciable (se oye en las salas y pisos contiguos), y puede sobresaltar si no se está prevenido, pero no produce ningún trauma físico ni psíquico.

El *descenso de temperatura* provocado por la evaporación súbita del halón líquido es escasa. Depende de la ocupación del recinto.

Opacidad. El halón propiamente dicho es incoloro y no se produce ninguna opacidad. Sin embargo, en las descargas de halón suele producirse una ligera opacidad si el ambiente es húmedo. Se debe a la condensación originada por el descenso de temperatura. Ahora bien, al ser este descenso muy pequeño, la opacidad producida no dificulta la visión para moverse ni para salir del recinto.

Aumento de la densidad del aire. El halón gaseoso es cinco veces más denso que el aire. En un recinto en el que se ha descargado un 5 % de

halón la densidad aumenta ligeramente (el único efecto perceptible —si se presta atención— es que las voces suenan más graves).

b) Componentes de los sistemas:

— Recipientes (botellas) para halón:

El halón está contenido en botellas, cada una de ellas con una válvula y un tubo sonda. Está en estado líquido y la parte superior de la botella contiene vapor de halón. El tubo sonda hace que el halón que sale de la botella sea líquido y no gas.

Las botellas pueden ser sin soldadura o soldadas, y deben constituirse de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria MIE AP7 del Reglamento de Aparatos a Presión. El halón 1301 y el halón 1211 están allí clasificados en el grupo de «inertes», junto con el anhídrido carbónico y otros gases.

La ITC MIE-AP5 se refiere a extintores de incendio. Las botellas de halón se consideran allí extintores fijos. La tasa máxima de relleno (artículo 9) es de 1,12 kg/l para el 1301 y de 1,61 kg/l para el 1211. Por lo tanto, las botellas sin soldadura fabricadas en España —que son de 67 litros— pueden contener hasta 75 kg de halón 1301 y hasta 107 kg de halón 1211 que ocupan unos 47 litros en el primer caso y unos 57 en el segundo. La capacidad restante está ocupada por vapor. Las botellas de halón, como los extintores, deben retimbrarse cada cinco años y tienen una vida de veinte años.

Por otra parte, el Reglamento Nacional para los transportes por carretera de mercancías peligrosas (Real Decreto 29-5-79, R2086) establece igualmente que las botellas deben probarse cada cinco años.

En instalaciones de batería, la presión del vapor de halón no basta para dar el caudal necesario, y se sobrepresurizan las botellas con nitrógeno seco. Las normas actuales dan métodos de diseño sólo para dos presiones de nitrógeno: 10 y 25 bar para el halón 1211 y 25 y 42 bar para el halón 1301; dichas presiones deben entenderse como presiones totales (la del vapor de halón más la sobrepresión del nitrógeno).

— Válvulas de descarga de las botellas:

Son válvulas que deben cumplir las siguientes exigencias:

- Gran caudal. Del orden de 7,5 kg/s.
- Mecanismo de disparo rápido.
- Muy buenas características de cierre para evitar fugas.

El gran caudal es necesario para poder descargar el halón en 10 segundos.

El mecanismo de disparo de las válvulas de halón suele ser por percutor pirotécnico, por electroválvula o por válvula neumática. En todos los casos, debe ser un mecanismo comprobado que mantenga sus características a lo largo de su tiempo de vida, que es de años.

El halón 1301 y más aún el 1211 son capaces de disolver algunos elastómeros. Si la junta de cierre es disuelta —aun ligeramente— por el halón, se vaciará la botella porque el halón está en contacto con esta junta durante años.

La válvula de las botellas de halón es una pieza esencial de la instalación; ha de ser una válvula específica para esta aplicación y no una válvula de uso general.

Las válvulas en las botellas tendrán incorporados:

- Un manómetro.
- Un presostato para vigilancia de presión.
- Mecanismo de disparo manual.
- Mecanismo de disparo automático.
- Disco de ruptura, cuya función es descargar el halón en caso de sobrepresión excesiva. En botellas autónomas, esta descarga puede efectuarse directamente por el difusor de descarga normal.

c) Clases de sistemas:

— Inundación total y aplicación local:

La inundación del local se usa cuando existe un recinto cerrado con pocas o ninguna apertura, y este recinto coincide aproximadamente con el riesgo que se va a proteger. El halón 1301 es el que se utiliza de forma casi universal en estos sistemas, debido a su menor toxicidad y mayor volatilidad.

La aplicación local se usa cuando el equipo o material que se va a proteger no está dentro de un recinto cerrado o cuando el recinto es demasiado grande para inundarlo. En este caso se utiliza sobre todo el

halón 1211, por su menor volatilidad y, por tanto, mayor alcance y direccionalidad.

— Sistemas centralizados:

Consisten en una batería de botellas que descargan en un colector, el cual alimenta a una red de tuberías que conducen el halón hasta los difusores, que están distribuidos en el riesgo de manera que el halón se reparta convenientemente.

- Batería de botellas:

La batería debe estar cerca del riesgo protegido. De no ser así, el halón puede perder demasiada presión llenando la red antes de alcanzar los difusores, e incluso puede resultar imposible la descarga en 10 segundos. El porcentaje de la masa de halón necesaria para llenar las tuberías no puede ser superior al 80 %.

La batería puede estar incluso dentro del local protegido. NFPA lo ha manifestado expresamente en una *Formal Interpretation*. En cualquier caso, las botellas deben estar colocadas de modo que en caso de incendio no les alcance el fuego.

El local donde están las botellas no debe alcanzar temperaturas ambiente superiores a 55 °C ni inferiores a -30 °C. Debe ser un local con ventilación o aberturas suficientes para evacuar la presión en caso de descarga accidental dentro del local de batería (por ejemplo, durante el cambio de botellas vacías por otras llenas).

- Difusores:

El objeto de los difusores es repartir el halón de forma homogénea. Deben estar distribuidos en el local protegido, de modo que cumplan su cometido. El caudal y alcance de cada tipo de difusor dependen de la presión y condiciones físicas del halón en el punto en que las boquillas se encuentran. Son características experimentales que debe comunicar el fabricante.

Cuando el volumen protegido está compartimentado en varios locales, o bien tienen falso techo y/o falso suelo que se tratan de proteger, los di-

fusores deben estar calibrados, de manera que cada uno suministre el caudal requerido por el volumen que protege. El propio difusor tiene orificio calibrador separado.

— Tuberías:

Las tuberías conducen el halón desde el colector de las botellas hasta los difusores. El flujo del halón se realiza bajo mezcla de las fases líquido-gas, ya que, a medida que pierde presión debido a rozamientos y expansión, se va evaporando. Esto hace que la circulación del halón por las tuberías tenga características muy diferentes de la de las instalaciones que usan agua para la extinción de incendios. Principalmente, tiene las peculiaridades siguientes:

1. La pérdida de presión no es proporcional a la longitud de tubería. La pérdida de presión por metro va aumentando debido a la evaporación del líquido. Esta evaporación hace que la densidad disminuya, con lo que la misma masa de halón ocupa más volumen, necesita más velocidad para circular y produce mayor pérdida de presión. Por ejemplo, si en una tubería de 10 metros pierde 0,5 bar en los primeros 5 metros, puede ocurrir que pierda 1 bar en los siguientes 5 metros. Esta característica hace muy difícil el cálculo aproximado que da resultados bastante correctos en los sprinklers, por ejemplo.

2. Decantación de la fase líquido si la turbulencia es escasa. La mayor concentración de líquido se da en la mitad inferior de la tubería y si los diámetros son demasiado grandes llega a decantar el líquido y separarse del gas. Por este motivo existen limitaciones de diámetro de las tuberías para mantener turbulento el flujo; igualmente, por ello las bifurcaciones o «Tes» se instalan con las dos salidas en horizontal. Si no se hiciera así, la mayor parte del halón líquido se acumularía en el ramal cuya salida está ubicada en la parte inferior de la bifurcación.

La presión en los botellones disminuye a medida que se vacían las botellas, con lo que todas las propiedades varían rápidamente, dado que la duración de la descarga es sólo de 10 segundos. Esto hace más difícil el cálculo.

Se utiliza normalmente una manera de calcular tuberías de halón de forma fiable, es decir, que los resultados reales coinciden con los calculados. Consiste en efectuar los cálculos como si la descarga fuera estable y

partiera de una presión constante en las botellas, que se denomina presión a la mitad de la descarga. Se conoce la manera de calcularla, que depende de:

- El porcentaje de halón necesario para llenar la tubería. Este porcentaje no debe ser nunca superior al 80 % de la masa total de halón que se va a descargar.
- La sobrepresión de nitrógeno en las botellas: se dispone de datos fiables para 25 o 42 bar (halón 1301).
- La tasa de relleno de las botellas.

Esta presión «a descarga mitad» se aplica a la salida de las botellas. A continuación hay una pérdida de presión —que suele ser bastante importante— en las válvulas de las botellas, y de ahí se alimenta la red de tuberías. El cálculo de la red tiene por objeto conocer la presión en los difusores para:

- Calibrar correctamente.
- Comprobar que la presión en los difusores no es demasiado baja.
- Comprobar que el porcentaje de halón en tuberías no es demasiado alto.

Para calcular la presión en los difusores se debe calcular la presión en cada tramo de tubería. En sistemas no equilibrados, que es el caso más general, para calcular la pérdida de presión en cada tramo de tubería se usa una función de la presión (y densidad) en el inicio del tramo, del caudal másico, del diámetro de la tubería y de la longitud equivalente del tramo.

La longitud equivalente es la longitud real de la tubería más la longitud equivalente de los accesorios de unión (codos, tes, etc.) que depende del diámetro y de si son soldados o roscados, según la tabla 28.

La cifra para cada accesorio indica el número de diámetros a que equivale.

Quando un tramo de tubería no tiene la entrada y la salida al mismo nivel, produce por este motivo una variación de presión por altura, que hay que incluir en los cálculos.

Una vez obtenida la primera estimación de la presión al final del tramo, se comprueba si la densidad que se ha supuesto para el halón corresponde con la obtenida según el cálculo realizado. Si es así, se da por

Tabla 28
LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS

Accesorios	Roscados	Soldados
Codo 45º	21	8
Curva 45º	15	5,8
Codo 90º	32	12.5
Curva 90º	20	9
Te, entrada central	90	60
Te, entrada lateral	60	40

finalizado el cálculo del tramo; si no, se realiza un nuevo cálculo, corrigiendo los datos de partida.

— Sistemas modulares:

Un sistema modular consiste en varias botellas, cada una de ellas con un difusor a la salida de la botella, distribuidas por el riesgo de manera que al disparar distribuyan el halón de forma adecuada al riesgo protegido.

d) Descripción del funcionamiento:

Una instalación fija de halón, tanto de inundación como de aplicación local, tanto centralizada como modular, tienen las características de funcionamiento siguientes:

— Disparo:

El halón se descarga al recibir la orden de disparo, que se podrá dar de tres maneras:

- Automáticamente:

El sistema de detección ordena el disparo de forma automática, es decir, sin ninguna intervención del operador. El disparo se efectúa habitualmente por doble detección: el local está vigilado por detectores iónicos distribuidos en dos grupos. Cuando uno de ellos da la alarma se producen las señales correspondientes pero no el disparo. Cuando da la

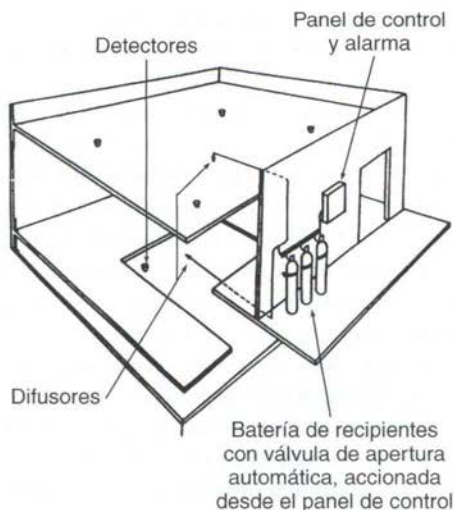


Figura 67. Sistema centralizado de inundación total.

alarma el otro grupo se produce el disparo automático. La doble detección se utiliza para evitar el disparo (y sus consecuencias de coste de reposición, por ejemplo) con una detección simple, caso en el que usualmente el fuego es muy pequeño y si se produce la intervención rápida con extintores se puede lograr apagarlo sin descargar el halón.

- Manual por pulsador:

Apretando un pulsador de disparo (señalizado y colocado de forma que quede claro que no es un pulsador de alarma sino de disparo), se produce la descarga. El pulsador de disparo está conectado a la central de señalización y mando, en grupo aparte. Tiene por objeto que el operador pueda provocar voluntariamente la descarga, bien porque reacciona antes que los detectores, bien porque el disparo automático está bloqueado, tal como se explica más adelante.

- Manual mecánico:

En las válvulas de las botellas del halón debe haber un dispositivo mecánico que produce la descarga de halón por actuación manual. Este

disparo tiene por objeto que el operador pueda provocar la descarga incluso en caso de que la central de señalización esté totalmente fuera de servicio.

Estos tres sistemas de disparo suelen coexistir todos ellos en cada sistema de extinción con halón.

Una vez dada la orden de disparo, éste se debe producir con la mínima demora, y mejor sin demora. En caso de existir demora, ésta nunca tendrá por objeto la comprobación de detección correcta, porque el sistema de detección no debe requerir comprobación sistemática. Un motivo aceptable de demora será preparar el local para la descarga dando tiempo al cierre de aberturas y parada de la ventilación.

El disparo automático debe tener un mecanismo que permita su bloqueo, de manera que quede fuera de servicio sin reducir ni afectar para nada al sistema de detección. Esta situación de bloqueo debe quedar señalada tanto en el propio riesgo como en la central de señalización. Los disparos manuales por pulsador y mecánico de las botellas continuarán en servicio y podrán utilizarse para disparar el halón.

El bloqueo del disparo automático se efectuará con un pulsador con etiqueta que indique claramente su efecto. El mismo pulsador servirá para desbloquear.

— Señalizaciones:

Son las siguientes:

1. Servicio. Señal óptica en la central de señalización. Estará encendida siempre que la central esté en servicio.

2. Avería. Señal óptica y acústica en la central de señalización. Se producirá en caso de avería tanto de la detección como de la instalación de halón, y se vigilará la continuidad del circuito eléctrico de disparo y la presión en cada una de las botellas.

3. Bloqueo del disparo automático. Señal óptica en la central de señalización y en el propio riesgo, que se puede hallar colocada bien en el propio pulsador de bloqueo, bien en otro lugar visible y con etiqueta clara.

4. Pre-alarma. Señal óptica y acústica tanto en la central de señalización como en el riesgo. La señal acústica en el riesgo puede ser no silenciable. La señal pre-alarma se producirá cuando uno de los grupos de detección dé alarma.

5. Alarma. Señal óptica y acústica en la central de señalización. Se producirá cuando dé alarma el otro grupo de detección. No es necesario

que esta señal se produzca también en el riesgo, ya que allí se habrá ya señalizado la pre-alarma.

6. Descarga del halón. Señal óptica y acústica en la central de señalización y en el riesgo.

La señal de descarga y otras señales pueden transmitirse a distancia, sea a repetidores en otros locales, sea a distancias mayores a centrales de seguridad, servicio de bomberos, etc.

— Mandos:

Los mandos pueden consistir en cierre de aberturas, paro de ventilación y aire acondicionado, paro y/o desconexión eléctrica de maquinaria, etc.

Estos mandos los efectuará automáticamente la central de señalización según un plan de funciones, de manera que se produzcan en situación de pre-alarma, alarma, o descarga, a criterio del proyectista. En cualquier caso, siempre deben efectuarse antes de la descarga los mandos que eviten la dilución del halón (por ejemplo, cierre de aberturas, ventilación, etc.), a no ser que se haya previsto una descarga prolongada o un aumento de concentración inicial para compensar las fugas por las aberturas.

e) Diseño:

Para diseñar una instalación fija de halón deben seguirse cronológicamente las siguientes etapas:

1) En primer lugar, se deben conocer las especificaciones y las normas y reglamentaciones que hay que seguir.

2) Definición del riesgo. Es un local (inundación total) o es un objeto (aplicación local).

Si la instalación es de inundación total:

3) Determinación de la concentración necesaria. Depende del material que puede arder. En la tabla de concentraciones se encuentran los valores mínimos requeridos por los fluidos combustibles más usuales. Si el local tiene aberturas que no es posible cerrar antes de la descarga, deben compensarse las fugas; de la forma que se indica más adelante.

4) Cálculo de los kg/m^3 para obtener la concentración. Depende de la concentración que se va a obtener, la temperatura del local y la altura sobre el nivel del mar.

5) Cálculo de la cantidad total de halón que se va a descargar. A partir de los kg/m^3 calculados en la etapa anterior y de los volúmenes del riesgo se obtiene la cantidad que se va a descargar. El número de botellas requeridas depende del tamaño de las mismas. Actualmente, las mayores botellas para halón que fabrican en nuestro país son de 67 litros, que pueden contener como máximo 75 kg, de acuerdo con el Reglamento de Aparatos a Presión. Una vez decidido el tipo se calcula la cantidad de botellas necesarias, y se obtiene de ahí la tasa de relleno (kg/m^3) de las botellas. Según la distancia entre las botellas y el riesgo se seleccionará la sobrepresión de nitrógeno de 25 o 42 bar.

Si el sistema es de aplicación local, en lugar de llevar a cabo las tres etapas anteriores, se realiza el cálculo de la cantidad de halón necesaria según la forma particular para este caso.

Para todos los sistemas:

6) Elección del tipo de instalación: sistema centralizado o sistema modular.

7) Si el sistema es modular: determinar la cantidad de botellas, carga de cada una y localización.

Si el sistema es centralizado: determinar la ubicación de la batería, la cantidad, tipo y caudal de los difusores, el cálculo de la red de tuberías: trazado, diámetro, caudales y accesorios de unión, presiones en los difusores y cálculo de los calibradores. Dichos cálculos pueden llevar a modificar la selección de sobrepresión de las botellas.

f) Definición del riesgo:

Si se trata de inundación total, para definir el riesgo hay que conocer las compartimentaciones existentes, tales como salas diferentes, falso techo y falso suelo. Hay que conocer también las aberturas existentes y sus posibilidades de cierre antes de descargar el halón.

Si se trata de aplicación local deben conocerse las dimensiones del objeto protegido.

g) Determinación de la concentración necesaria (% vol):

Aplicable solamente al caso de inundación.

La *cantidad* que se va a descargar no depende del tipo de instalación sino de la naturaleza del material incendiado y de las condiciones ambientales del recinto (temperatura, presión, ventilación). La *concentración* necesaria para apagar un incendio depende del material que se incendia.

El halón se emplea para apagar fuegos de clase A (sólidos) con las limitaciones que se hacen más adelante, clase B (líquidos), y clase C (gases).

El halón no apaga el fuego de:

- Materiales que contienen su propio oxígeno y que pueden arder con rapidez incluso sin aire, por ejemplo, nitrocelulosa, cloratos, pólvora.
- Metales muy reactivos como sodio, potasio, magnesio, circonio, titanio, uranio, plutonio.
- Productos químicos especialmente reactivos o explosivos, peróxidos, hidruros metálicos, hidracina y fósforo.
- Sólidos que inician el fuego desde el interior, como balas de algodón.

En la tabla siguiente se indican las concentraciones de halón 1301 y algunas de 1211 necesarias para diversos líquidos y gases. En general, se puede considerar que es preciso un 10 % más de 1211 que de 1301 para la extinción del mismo fluido combustible. Las concentraciones se dan en porcentaje en volumen, en aire a 1 atmósfera y 25 °C, y son concentraciones de diseño que ya incluyen un margen de seguridad.

Cuando la sustancia que puede arder no es pura sino una mezcla, la concentración utilizada es la correspondiente al componente que requiere una concentración mayor.

Los fuegos superficiales de sólidos requieren una concentración del 5 % como mínimo. La concentración necesaria se suele determinar a partir de la experiencia del diseñador o mediante ensayos. La mayor parte de los sólidos empiezan a arder por su superficie. En este momento el halón apaga el fuego con rapidez y eficacia.

Existen otros sólidos que pueden empezar a arder desde el interior (por ejemplo, rollos de cartón, balas de algodón o esparto...); el fuego sale al exterior solamente después de un período de incubación —que puede ser muy largo— y cuando en el interior del sólido hay brasas. Estos

Tabla 29
CONCENTRACIONES DE DISEÑO

	1301	1211		1301	1211
Acetileno	11		n-Hexano	5	
Acetona	5	5	Hidrógeno	22	
Acrilonitrilo	5,4		Metano	5	5
Benceno	5	5	Metanol	8,6	
Buta-1,3-dieno	5,5		Metilamina	6,4	
Butano	5		Metil-etil-cetona	5	
Dietil-éter	5		Metil-metacrilato	7	
Dimetil-éter	9		Nitrometano	8,4	
Dioxano	8		Óxido de etileno	12	
Etano	5	5,1	Pentano	5	
Etanodiol	5		Propano	5,2	5.8
Etanol	5		Iso-propanol	5	
Etil-acetato	5		Sulfuro de carbono	14	
Etileno	8,2	8,7	Tolueno	5	
n-Heptano	5	5	Xileno	5	

fuegos no llegan nunca a apagarse del todo con halón, aunque apaga las llamas y limita, reduce o anula la propagación del incendio. El halón llega a extinguir estos fuegos profundos si se mantiene una concentración elevada durante mucho tiempo. Esto no se hace en la práctica porque las brasas descomponen parte del halón, generando gases tóxicos y corrosivos. La extinción final de estos incendios se realiza con medios manuales (extintores o mangueras) de agua.

En cualquier caso, sea fuego de sólido, líquido o gas, la concentración mínima de diseño es del 5 % en volumen.

La concentración máxima admisible viene determinada por los efectos que tiene sobre las personas. Así, en locales habitualmente ocupados por personas, la concentración máxima admisible de halón 1301 es del 10 %, y debe evacuarse el local en un minuto como máximo. En locales no destinados a la presencia de personas, pero donde las personas pueden entrar ocasionalmente, la concentración máxima admisible es del 15 %. Concentraciones mayores del 15 % sólo pueden proyectarse en recintos donde nunca hay personas. No se utilizan sistemas de inundación por halón 1211 en áreas normalmente ocupadas.

La concentración requerida debe mantenerse un tiempo prudencial, del orden de 10 minutos. Si no se hace así, existe el peligro de que el incendio se reanude cuando la concentración sea tan baja que lo permita, porque hayan quedado brasas, superficies calientes u otras causas.

Sobrepresión. En un recinto totalmente estanco, la presión aumenta un 5 %. Cuando el local no es hermético porque las puertas y ventanas tienen la holgura habitual y/o hay rejillas de ventilación, no hay que tomar ninguna medida para evacuar la sobrepresión. Si el local es estanco, hay que prever una superficie de alivio.

h) Cálculo de la masa (kg) necesaria por m³:

Para alcanzar la concentración requerida deben descargarse los kilogramos de halón (por m³ del recinto a inundar), que se obtienen mediante la fórmula siguiente:

$$m_s = \frac{C}{v(100 - C)}$$

donde m_s es la masa (kg) de halón que se va a descargar por unidad de volumen (m³) del recinto, v es el volumen específico (en m³/kg) del halón a la temperatura ambiente del recinto y C es la concentración deseada (% en volumen).

El valor del volumen específico a una temperatura dada se puede obtener mediante tablas o, aproximadamente, mediante la fórmula siguiente, aplicable al halón 1301:

$$v = 0,14781 + 0,000567 \cdot t$$

siendo t la temperatura en grados centígrados.

Si la descarga se efectúa en un riesgo situado a una altura considerable sobre el nivel del mar (más de 1.000 m) los kg/m³ calculados deben reducirse multiplicando por los factores de la tabla siguiente:

Altura (m)	Factor
1.200	0896
1.500	0832
1.800	0802
2.100	0772
2.400	0744

i) Cantidad (kg) total necesaria para una inundación:

Una vez calculados los kg/m^3 , la cantidad necesaria se obtiene multiplicando el volumen que hay que inundar (m^3) por los kg/m^3 . El volumen que debe considerarse es el volumen total sin deducir más que los volúmenes contenidos en el riesgo y que sean macizos: las columnas, por ejemplo. Si se protegen varios volúmenes comunicados, el volumen que hay que considerar es la suma de todos ellos.

— Locales con aberturas:

Todas las aberturas existentes son potenciales superficies de fugas del halón (mezclado con el aire) en caso de descarga. Dichas fugas hacen disminuir la concentración, que debería mantenerse durante un tiempo del orden de 10 minutos. No hay, por lo general, que tomar ninguna precaución para evitar las fugas por los quicios de puertas y ventanas, pero hay que cerrar puertas, ventanas y conductos de ventilación, y parar el aire acondicionado, antes de descargar el halón. Si hay aberturas que no pueden cerrarse, deben compensarse las fugas mediante una descarga prolongada además de la inicial, o por una descarga inicial a una concentración más elevada.

Si se efectúa una descarga prolongada, su caudal se calcula a partir de la altura y anchura de la abertura, y de la concentración que hay que mantener.

Si se efectúa una descarga inicial más copiosa, el recinto debe tener algún dispositivo de mezcla mecánica que evite que el halón se deposite en los niveles más bajos. El valor de la concentración inicial depende del tamaño de la abertura (especialmente de su altura), del volumen del recinto y de la concentración mínima garantizada.

j) Cantidad total necesaria para una aplicación local:

Cuando se diseña una aplicación local sobre material que está dentro de un recinto, debe comprobarse que la concentración total de halón no supera los porcentajes de seguridad para las personas, indicados más adelante. Como un sistema de aplicación local no distribuye el halón por todo el recinto, se pueden formar bolsas con concentración mayor que la media. Debe estudiarse que no se produzcan situaciones peligrosas para las personas.

El riesgo que se va a proteger debe incluir, además del propio material, las zonas donde puede extenderse el incendio, debido, por ejemplo, a derrames de aceite ardiendo.

Los parámetros que se han de considerar son:

- La superficie envolvente del objeto protegido (m^2).
- La densidad y duración de la descarga.
- La reserva de halón calculado se debe incrementar para compensar la vaporización producida en la circulación por las tuberías y en la misma descarga. Las botellas deben estar cerca del riesgo para evitar la evaporación al circular por las tuberías.
- El halón eficaz en una aplicación local es el líquido, no es el gas. Esto significa que los difusores deben instalarse rodeando el riesgo y estar a poca distancia, de tal forma que el halón llegue líquido.

De acuerdo con los datos experimentales que tiene el fabricante de los difusores colocados en las botellas, se conoce el caudal y alcance máximos de cada difusor. Por otra parte, la geometría del riesgo y la cantidad que se va a descargar requieren una determinada distribución de las botellas, según el tamaño elegido entre los disponibles.

k) Elección del tipo de instalación:

Los *sistemas centralizados* tienen las siguientes propiedades:

- El mantenimiento y recarga se efectúan con facilidad en el local de la batería sin necesidad de entrar en el local protegido (no se interrumpe ni se estorba el trabajo, se evita la entrada en locales que a menudo son de acceso restringido).
- Con una sola batería se pueden proteger varios riesgos, mediante válvulas direccionales.
- Es posible y sencillo tener una carga completa de reserva preparada para caso de uso de la carga de servicio; incluso se puede tener esta reserva con su propio colector y preparada para pasar a servicio.

A cambio, tienen la exigencia de que la red de tuberías debe diseñarse con precisión, lo que exige cálculos complicados de realizar, si bien existen programas informáticos de cálculo en el mercado.

Los *sistemas modulares* no tienen tuberías de distribución; por lo tanto, no tienen ningún problema de cálculo ni de mala distribución en las tuberías. Si varía la configuración o compartimentación de los locales, la instalación puede adaptarse con facilidad.

El disparo manual mecánico que actúa directamente sobre la válvula de las botellas es prácticamente inoperante, porque obligaría a recorrer una a una las botellas distribuidas por el riesgo, mientras el riesgo está incendiado.

Las botellas están dentro del local protegido, con lo que el trabajo de mantenimiento y recarga puede molestar notablemente al usuario.

Si las botellas están ocultas se dificulta el mantenimiento y la descarga. En caso contrario, ocupan volumen del local, y resulta poco estético.

D) Propiedades físicas de los halones:

El *halón 1301* es el compuesto químico monobromo-trifluor-metano. Su fórmula química es BrCF_3 .

Se usa como agente extintor y también como fluido refrigerante. En condiciones normales es un gas cinco veces más pesado que el aire, incoloro, inodoro, mal conductor de la electricidad.

Sus propiedades físicas, principalmente, son:

Temperatura de solidificación: $-168\text{ }^\circ\text{C}$ (a diferencia del CO_2 , que solidifica a $-78\text{ }^\circ\text{C}$, no existe peligro de solidificación y taponamientos de las tuberías).

Temperatura de ebullición a presión atmosférica: $-57,8\text{ }^\circ\text{C}$.

Calor latente de vaporización: 118 kJ/kg .

Propiedades a $20\text{ }^\circ\text{C}$:

Densidad del líquido: $1,575\text{ kg/m}^3$.

Densidad del vapor a presión atmosférica: $5,28\text{ kg/m}^3$.

Presión de vapor: $14,63\text{ bar}$ absolutos.

Viscosidad del líquido: $0,165\text{ cP}$.

Viscosidad del vapor a presión atmosférica: $0,0156\text{ cP}$.

Propiedades a $60\text{ }^\circ\text{C}$:

Densidad del líquido: $1,146\text{ kg/m}^3$.

Densidad del vapor a presión atmosférica: $5,5\text{ kg/m}^3$.

Presión del vapor: 34,58 bar absolutos.

Viscosidad del líquido: 0,117 cP.

Viscosidad del vapor a presión atmosférica: 0,0174 cP.

Propiedades de la temperatura crítica (67 °C):

Densidad del líquido: 745 kg/m³.

Densidad del vapor a presión atmosférica: 5,38 kg/m³.

Presión de vapor: 39,6 bar absolutos.

El *balón* 1211 es el compuesto químico bromo-cloro-difluor-metano. Su fórmula química es BrClCF₂.

Sus propiedades físicas, principalmente, son:

Temperatura de solidificación: -161 °C (a diferencia del CO₂, que solidifica a -78 °C, no existe peligro de solidificación y taponamientos de las tuberías).

Temperatura de ebullición a presión atmosférica: -4 °C.

Propiedades a 20 °C:

Densidad del líquido: 1,83 · 10³ kg/m³.

Presión de vapor: 2,5 bar absolutos.

Propiedades a 60 °C:

Presión del vapor: 7,2 bar absolutos.

Propiedades de la temperatura crítica (154 °C):

Presión de vapor: 41,5 bar absolutos.

Como punto de referencia se dan los siguientes valores:

Densidad del agua: 1.000 kg/m³.

Densidad del aire a 20 °C y 1 kg/cm²: 1,16 kg/m³.

Calor de vaporización del agua a 100 °C: 2.257 kJ/kg.

Viscosidad del agua líquida a 20 °C: 1 cP.

Viscosidad del aire a 20 °C y 1 kg/cm²: 0,0182 cP.

m) Efectos del halón sobre las personas:

Pueden clasificarse en tres categorías diferentes:

- Debidos a la disminución de la concentración del oxígeno en el aire.
- Debidos al halón en sí mismo.
- Debidos a los productos de descomposición del halón.

— Efectos debidos a la disminución de la concentración del oxígeno en el aire:

La concentración de oxígeno en el aire es del 21 %. Una descarga de halón en un 5 % de concentración reduce el contenido de oxígeno del aire en un 1 %, es decir, pasa del 21 % al 20 %. Esta disminución no tiene ningún efecto sobre las personas ni constituye ningún tipo de riesgo.

— Efectos debidos al halón:

Los efectos del halón tal y como sale en los difusores y sin sufrir ninguna descomposición se han estudiado extensamente tanto sobre personas como sobre animales. Su toxicidad es muy baja y la edición de 1985 de NFPA indica expresamente que nunca se ha producido ni la muerte ni lesión permanente de ninguna persona por causa del halón.

Los efectos que producen dependen de la concentración y son los siguientes:

- Entre 5 % y 7 % de halón 1301 (2 a 3 % de halón 1211) no se observa ningún efecto.
- Entre el 7 % y el 10 % (3 a 4 % de 1211) pueden producirse mareos y hormigueos en manos y pies.
- A concentraciones superiores al 10 % (4 % de 1211) se han registrado casos de personas que han tenido la sensación de estar a

punto de desmayarse al cabo de pocos minutos, aunque experimentos efectuados han llegado al 14 % de halón 1301 durante 5 minutos sin que se desmayara nadie.

Las personas afectadas por una descarga de halón no deben ser tratados con adrenalina o similares, ya que pueden producir arritmias serias, e incluso fibrilación ventricular.

— Efectos de los productos de descomposición del halón 1301:

Los productos de descomposición del halón pueden ser tóxicos. El halón 1301 se descompone cuando alcanza una llama o una superficie a más de 483 °C. En presencia de hidrógeno, que suele darse en los incendios por el vapor de agua o por la propia combustión, se producen hidruros tales como HF y HBr (HCl también en el caso del halón 1211); otros productos de la descomposición pueden ser halogenados libres como bromo (cloro), y carboxílicos como el COF_2 y el COBr_2 (COCl_2).

Estos productos tienen un olor fuerte y muy molesto, incluso en concentraciones de algunas partes por millón. Este olor actúa como alerta para el personal, que sale inmediatamente sin esperar ninguna orden ni señal. Por este motivo, las instalaciones de halón 1301 deben tener un disparo automático precoz, y una descarga del agente extintor en 10 segundos. De esta forma no se da tiempo al desarrollo del incendio, hay pocas superficies calientes, y se evita el único peligro de toxicidad del halón 1301: los productos de descomposición. No debe olvidarse, sin embargo, que los productos de combustión que se generan en un incendio son siempre tóxicos y que de ellos proviene el mayor peligro de intoxicación. Como se indicó anteriormente, no se utilizan sistemas de inundación por halón 1211 en zonas normalmente ocupadas.

n) Efectos del halón sobre los materiales:

El halón es un producto estable y no es corrosivo. No produce ningún efecto sobre los materiales de construcción empleados usualmente. Se han efectuado pruebas prolongadas sobre diversos metales, que han demostrado su estabilidad frente al halón. La presencia del agua disuelta en el halón no constituye problema. Sí puede constituirlo la presencia de fases

de agua separadas del halón, en las que se concentran impurezas ácidas, transformándose en producto corrosivo.

Los plásticos y elastómeros pueden estar en contacto prolongado con halón, por ejemplo, en los botellones de almacenamiento de halón. Se han efectuado ensayos de exposición prolongada (meses) con poliestireno, polietileno, PVC, teflón, nailon, y muchos otros, con resultados satisfactorios. Excepción: la goma de silicona y los plásticos a base de celulosa son afectados por el halón 1301 y más aún por el 1211. La silicona se dilata sensiblemente (un 17 % lineal) y los plásticos celulósicos cambian de características. Por lo tanto, dichos productos no pueden estar en contacto permanente con el halón, pero pueden estar en equipos o locales protegidos con halón y sus propiedades no varían, aunque hayan recibido una o varias descargas.

ñ) Problemas más frecuentes:

El problema más frecuente en instalaciones de halón son las fugas. Debido a la presión relativamente importante (hasta 42 bar) y a la duración de una batería, una pequeña fuga acaba vaciando las botellas. Estas fugas se producen siempre en la válvula de las botellas.

Aberturas en el riesgo: chimeneas, rejillas de ventilación y otras, que no se hayan tenido en cuenta. El halón se dispersa, no alcanza la concentración de extinción y el fuego no se apaga.

Corrosión en esferas o botellas soldadas. Probablemente debidas a un exceso de humedad en el interior del recipiente. Si la corrosión es importante puede llegar a romper la esfera, que explosiona.

La calidad y pureza se comprueba pocas veces, cuando es esencial. Ha habido casos de adulteración de halón 1301 mezclado con halón 122. Este producto se puede usar en pruebas, porque tiene características físicas similares al halón 1301, pero no para proteger, ya que no es extintor y, sin ser muy tóxico, lo es mucho más que el 1301.

Cuando se instalan las botellas, y antes de su anclaje, una mala manipulación puede llegar a disparar la botella, que se convierte en un coheite. El accidente es seguro y nunca leve.

En recintos estancos (por ejemplo, una cámara acorazada), si no se ha previsto un alivio, la sobrepresión produce consecuencias importantes (la puerta queda enclavada o se abre violentamente).

Los problemas más específicos se enumeran en los siguientes apartados de este capítulo.

— Sistemas centralizados:

La batería se coloca demasiado lejos del riesgo: la pérdida de presión es demasiado grande y si se aumenta el tamaño del colector el porcentaje de halón en la tubería supera el máximo del 80 %. No hay más solución que colocar la batería más cerca.

Se calcula una red de tubería como si fuera similar a una de rociadores, se aumentan los diámetros como medida de prudencia y ocurre algo parecido al problema anterior. La solución es un cálculo correcto.

Se confunde un sistema simétrico con un sistema equilibrado. Se calcula con el método simplificado que permiten los sistemas equilibrados cuando sólo es simétrico pero no equilibrado.

Los difusores están muy cerca del techo, hay suciedad en las tuberías y una descarga ensucia el techo de forma indeleble.

Los soportes de la tubería son tipo rociador y no la sujetan bien. El golpe de la descarga desmonta los tramos.

La tubería es de pared muy delgada y se han colocado uniones roscadas: el golpe de la descarga desmonta los tramos.

Las uniones flexibles que conectan las botellas al colector principal resisten poca presión y revientan en la descarga.

Al calcular una red de tubería no se comprueba el ajuste del porcentaje de halón en las tuberías porque se da por buena la estimación inicial: los resultados están equivocados.

— Sistemas modulares:

La botellas no se colocan distribuidas por el riesgo sino agrupadas (como una batería sin red de tuberías): la distribución del halón es irregular, en el extremo alejado no apaga y en el próximo ahoga.

La botellas tienen un difusor que difunde mal y la descarga es en forma de chorro capaz de derribar mamparas.

Tubo sonda inexistente o inapropiado. Las botellas autónomas pueden estar en posición vertical, invertida, horizontal con salida arriba o abajo. Cada posición requiere un tubo sonda determinado, que no se ve desde el exterior. Si la etiqueta que lo indica está equivocada, se interpreta mal, o si se ha desprendido, se coloca la botella en posición equivocada y sale gas en lugar de líquido: la descarga puede durar muchos minutos en lugar de los 10 segundos necesarios.

Sistemas químicos limpios

La obligada sustitución del halón 1301 por agentes extintores de características similares ha producido, como se indica en el capítulo 2, un importante avance en la investigación y desarrollo de nuevos productos y ha obligado a establecer nuevos datos para el diseño y cálculo de sistemas en función de las propiedades físicas y extintoras de dichos productos.

Los nuevos agentes, conocidos como «agentes limpios», tienen, según se indicaba anteriormente, las siguientes características: son gases licuados o comprimidos, o líquidos compresibles; se vaporizan sin dejar residuos después de su aplicación y no son conductores de la electricidad.

Los sistemas de extinción de estos nuevos agentes tienen características similares a los de los halones tradicionales. Sin embargo, no hay que perder de vista que absolutamente todas las características que afectan al diseño y a la utilización, y que han sido tratadas en el apartado anterior para los halones 1301 y 1211, son distintas en estos nuevos agentes, por lo que, además de disponer de la «luz verde» en cuanto a sus posibles efectos secundarios (ya sea a corto, o, preferiblemente, a medio plazo), se deberá también disponer de datos fiables en cuanto a su efectividad extintora, ya sea en inundación o en aplicación local, a sus propiedades físicas bajo diversas condiciones (datos para cálculo de los sistemas) y a sus efectos sobre el contenedor y sus elementos de cierre, así como en cuanto a sus efectos (o los de sus potenciales productos de descomposición) sobre las personas, en especial para los sistemas de inundación.

BIBLIOGRAFÍA

- Fundación MAPFRE Estudios, *Instrucciones Técnicas de Seguridad Integral. Protección contra Incendios*.
- 00.25. Norma Básica de la Edificación. Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios (NBE-CPI).
- 00.28. Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (Real Decreto 1.942/1993).
- Capítulo 07. Instalaciones de protección contra incendios.
- Capítulo 09. Revisión.
- Ministerio de Industria, Reglamento de Aparatos a Presión. Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP5. Extintores de incendio.
- Ministerio de Industria, Reglamento de Aparatos a Presión. Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP7. Botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.

- National Fire Protection Association (NFPA), *Manual de Protección contra Incendios*, 17.^a edición, Editorial MAPFRE, 1993.
- Association Nationale pour la Protection contre l'Incendie (ANPI), *Dossier Technique DT48. Installations automatiques d'extinction au balon 1301*, dos partes, editadas respectivamente en junio y octubre de 1983.
- Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances contre l'Incendie et les Risques Divers (APSAIRD), *Règles R.2. Installations Fixes d'Extinction Automatique a Halon*, 13 de julio de 1982.
- Service de Prevention d'Incendie pour l'industrie et l'artisanat (SPI), *AE-5: Les balons comme agents extincteurs* y *AE-6: Installations d'extinction au gaz*.
- National Fire Protection Association. NFPA 2001, *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*, 1995.
- National Fire Protection Association. NFPA 14, *Installation of standpipe and hose systems*.
- National Fire Protection Association. NFPA 12A, *Halon 1301 Fire Extinguishing Systems*, 1985.

Normas

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), normas UNE:
- Normas del Comité Técnico de Normalización CTN 23: Seguridad contra incendios.
- Norma UNE 20 324 (CEI 524): Clasificación de los grados de protección proporcionados por las envolturas.
- Norma UNE 21 818 (EN 50): Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Envoltentes Antideflagrantes «D».
- Norma UNE 21 819: Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Seguridad Aumentada «E».
- Norma UNE 21 820: Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Seguridad Intrínseca «I».
- Norma CEI 801: Compatibilidad electromagnética.
- Norma ISO 7201: *Protection contre l'incendie. Agents extincteurs. Hydrocarbures balogénés*, 1982.
- Norma EN 671: Instalaciones fijas de extinción de incendios. Sistemas equipados con mangueras. Partes 1: Bocas de Incendio equipadas con mangueras semirrigidas, y 2: Bocas de Incendio equipadas con mangueras planas.
- British Standard BS 5306: Section 5.1: *Code of practice for fire extinguishing installations and equipment on premises. Part 5. Halon systems*. 1982.
- Association Française de Normalisation AFNOR. NF S.62-101: *Système d'extinction par protection d'ambiance (noyage total) au balon 1301. Règles d'installation*, mayo, 1983.

Association Française de Normalisation AFNOR. NF S. 62-102: *Organes constitutifs des systèmes d'extinction au halon 1301.*

Deutsches Institut für Normung. DIN 14270 Teil 1: *Halon-Loschmittel. Allgemeines, Prufug (Halon extinguishing agents; general, test method).*

Deutsches Institut für Normung. DIN 14270 Teil 3: *Halon-Loschmittel. Halon 1301.*

Deutsches Institut für Normung. DIN 14495: *Ortsfeste Feuerloschanlagen mit dem Loschmittel Halon (Stationary fire extinguishing equipment with halon extinguishing agents).*

Documentos de trabajo

ISO TC 21.

CEN TC 70.

CEN/TC 192/WG6 Doc N 72. Draft Standard *Pillar Fire Hydrants* (mayo, 1996).