



CALIDAD DE LAS INSTALACIONES FIJAS DE HALON

PROFESIONALES de la Protección contra incendios coinciden en señalar que un de fallo en la consecución de lo que de halón 1301 presentan deficiencias que son, o podrían ser, causa de fallo en la consecución de lo que es su objetivo: la extinción o el control del incendio.

Por ello, se hacía necesario un estudio que determinase cuáles son las características que deben reunir los componentes de este tipo de instalaciones, que es el objetivo del trabajo de investigación, patrocinado por la Fundación MAPFRE, en la convocatoria de 1987-1988.

En el curso de éste, y como consecuencia de las resoluciones del Protocolo de Montreal, a causa de la destrucción progresiva de la capa de ozono de la estratosfera, se vio la necesidad de dar un nuevo enfoque al diseño y prueba de las instalaciones de halón, por lo que se buscó una serie de acciones y líneas de investigación con el fin de reducir las emisiones de halón.

PEDRO SORIA GARCIA-RAMOS
Ingeniero Industrial

SISTEMAS DE HALON. UTILIZACION

Instalaciones de halón son aquellas que utilizan para la extinción o control del incendio hidrocarburos halogenados.

Su acción extintora se cree que es debida a la interferencia en el proceso de combustión de los radicales producto de la descomposición de halón

Los sistemas de halón se utilizan cuando se dan una o varias de las siguientes situaciones:

- a) Se requiere un agente limpio.
- b) Existen circuitos eléctricos o electrónicos con tensión.
- c) Para gases o líquidos inflamables.

d) Para sólidos inflamables de combustión superficial, tales como los termoplásticos.

e) Cuando el riesgo se presenta en objetos o instalaciones para procesos industriales de gran valor.

f) Cuando el espacio protegido está normal o frecuentemente o ocupado por personas.

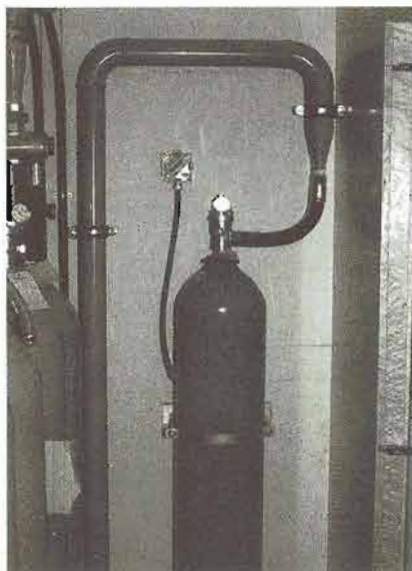
Sin embargo, es ineficaz ante algunos tipos de materiales combustibles:

- a) Combustibles que contienen su propio agente oxidante
- b) Metales reactivos.
- c) Hidruros metálicos.

Debe tenerse en cuenta también la necesidad de que, si se trata de un local a inundar, éste pueda dejarse en condiciones de mínima ventilación.

TIPOS DE SISTEMAS

Atendiendo a diversos factores, pueden establecerse las siguientes clasificaciones de los sistemas:



Empleo de tuberías con diámetros excesivos y reducciones de diámetro sin empleo del accesorio adecuado.

Según el halón utilizado

1. Halón 1301 (Br C F₃)

Por su baja toxicidad y gran volatilidad es utilizado principalmente en sistemas de inundación total.

2. Halón 1211 (Br C Cl F₂)

Debido a su menor volatilidad, es fundamentalmente empleado en equipos portátiles y de aplicación local.

Según el modo de aplicación

1. Sistemas de inundación total

Estos sistemas se utilizan descargando el halón al recinto, lo que proporciona una concentración uniforme.

2. Sistemas de aplicación local

Efectúan la extinción rodeando el objeto incendiado con una concentración elevada de halón.

Según el sistema de almacenamiento

1. Sistema de almacenamiento centralizado

Los contenedores se reúnen en un solo punto y se distribuye el halón a los difusores de descarga por medio de una red de tuberías.

2. Instalación modular

Consta de un conjunto de contenedores simples distribuidos por la zona de riesgo, conectados cada uno a un difusor de descarga, generalmente sin tuberías.

DISEÑO Y CALCULO. GENERALIDADES

Los principales puntos a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de inundación total de halón son los siguientes:

- a) Definición del riesgo.
- b) Establecimiento de una concentración de cálculo mínima basada en los materiales combustibles presentes y cálculo de la cantidad de agente mínima para alcanzar dicha concentración.
- c) Selección del depósito de almacenamiento.
- d) Caudal mínimo para tiempo máximo. Este no debe ser mayor de 10 s.
- e) Determinación del número, dimensiones y emplazamiento de los difusores, así como el diámetro de las tuberías.

COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FIJOS DE EXTINCIÓN POR HALON 1301

Detección y actuación

1. Detección automática

Se usará detección automática en todos los sistemas con un método capaz de detectar rápidamente calor, llama, humo, vapores de combustible o una condición anormal que sea causa probable de fuego, tal como un problema de proceso.

Los dispositivos de detección automática deberán seleccionarse e interconectarse de tal manera que proporcionen una operación rápida y fiable, a la vez que minimicen la posibilidad de una descarga accidental.

Se usará una fuente de energía primaria y una reserva para un mínimo de 24 horas para el funcionamiento de la detección, señalización, control y actuación del sistema.

2. Actuación

Los dispositivos de actuación incluyen los sistemas de disparo de válvulas de halón 1301, controles de descarga y equipo de desconexión,

Existen muchas instalaciones fijas de halón que, llegado el momento, podrían no cumplir adecuadamente su función: la extinción.

todo lo cual es necesario para una actuación con éxito del sistema.

Se usará siempre actuación automática, salvo que, siendo aceptado o exigido por la autoridad competente, pueda usarse únicamente actuación manual.

Existirá siempre un dispositivo de disparo manual, preferentemente mecánico.

No es conveniente la existencia de interruptores para el corte previo a la descarga.

Las demoras en la descarga sólo se utilizarán cuando se necesiten para la evacuación del personal, en caso de tener concentraciones de diseño superiores al 7 por 100, o para preparar el recinto a inundar para la descarga. Nunca se usarán para la verificación de un elemento de detección antes de la actuación automática.

3. Supervisión

Todos los sistemas automáticos deben estar supervisados.

4. Alarmas e indicadores de operación

La actuación del sistema se indicará, al menos, mediante una alarma audible dentro del recinto a proteger y por una indicación visible, fuera del local y cerca de las salidas. La indicación visible se mantendrá hasta que sea desconectada manualmente.

Almacenamiento

Los recipientes de almacenamiento se situarán lo más cerca posible de los puntos de riesgo que protejan, pero no expuestos a la acción

del fuego, ya que es deseable mantener las prestaciones del sistema.

El local de almacenamiento debe tener ventilación o aberturas suficientes para evacuar la presión en caso de descarga accidental de recipientes dentro del local.

Tanto el suministro primario como el de reserva, de existir, estarán permanentemente conectados para permitir un intercambio fácil, excepto donde la autoridad competente permita una reserva aislada.

Se le dotará de mecanismos automáticos para prevenir la pérdida de agente desde el colector si se actúa el sistema con alguno de los recipientes desmontado para su mantenimiento.

Válvulas

En los sistemas de halón, y para su distribución, se utilizan dos tipos de válvulas:

- Válvula principal, cuyo accionamiento permite la salida del agente del botellón.

- Válvula direccional, que distribuye el halón a una zona u otra caso de ser varios los puntos de riesgo protegidos con una sola batería de botellones.

En ambos casos, las características fundamentales que determinan su aptitud son:

- Mecanismo de disparo.
- Geometría.
- Estanqueidad.
- Accesorios.

1. Mecanismo de disparo

Las características que debe cumplir son.

- Rapidez en la apertura.
- Fiabilidad.
- Invulnerabilidad de sus características con el paso del tiempo y las condiciones ambientales, o determinación de su vida para proceder a su renovación.

Actualmente se emplean dos tipos de actuadores automáticos.

a) Actuador pirotécnico, mediante un explosor activado eléctricamente (foto 1).

Tiene como ventaja el permitir un diseño más sencillo de la válvula, por lo que resulta más barata, pero, por el contrario, presenta graves inconvenientes:

- La vida del explosor es limitada, es decir, pierde su capacidad de operación con el tiempo, por lo que debe ser reemplazado periódicamente, con las molestias que con-

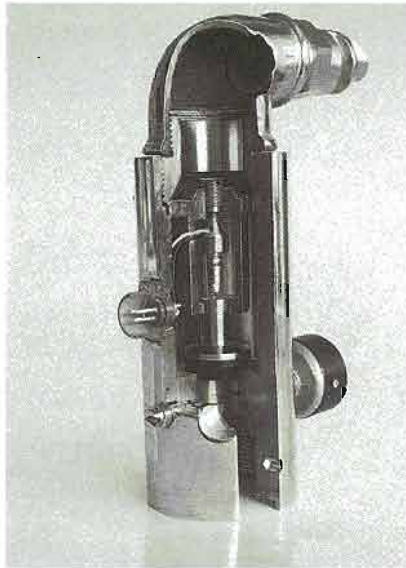


FOTO 1

lleva y la dificultad de determinar la frecuencia óptima.

- La única manera de verificar su funcionamiento es mediante su explosión, por lo que se hace imposible la prueba de cada unidad, debiendo limitarse a muestreos en lotes de producción, que no aseguran la ausencia de explosores «defectuosos».

b) Actuador por válvula solenoide. El paso del halón que acciona la válvula se realiza eléctricamente mediante una válvula solenoide (foto 2).

Este sistema tiene como ventaja, frente a los actuadores pirotécnicos, la capacidad de ser probado su funcionamiento y el permanecer sus características prácticamente inalterables con el paso del tiempo.

2. Geometría

Es conveniente que la geometría de la válvula sea tal que proporcione la mayor capacidad de descarga posible.

Esta se cuantifica con la determinación de la longitud equivalente de la tubería a la que va a ir conectada



Derivaciones de flujo en plano vertical, prohibidas en la mayor parte de los casos.

El retraso en la descarga sólo se utilizará cuando sea necesario para la evacuación del personal o para preparar el recinto para la descarga; nunca para verificar un elemento de detección.

la válvula, necesario para el diseño de las instalaciones.

Para el caso de las válvulas principales, la longitud equivalente debe incluir el tubo sonda, la manguera flexible y la válvula antirretorno que pudiera incluir.

3. Estanqueidad

Las válvulas de los recipientes deben proporcionar la estanqueidad necesaria para evitar fugas sin bloquear los mecanismos de disparo a lo largo de la vida de aquéllas.

Se pueden usar muchos elastómeros para la fabricación de juntas adecuadas al contacto con halón 1301. Sin embargo, deben elegirse aquellos con un porcentaje de extracción positivo y una elongación tan baja como sea posible (Tabla 1).

Los materiales más adecuados son las fluorosiliconas, poliuretano, nitrilos y cauchos butílicos.

4. Accesorios

Las válvulas de los recipientes tendrán incorporados

- un manómetro que indique la presión interior;
- un presostato que dé señal a la central de supervisión del descenso de la presión,
- un mecanismo de disparo manual, preferentemente mecánico;
- mecanismo de disparo automático, y
- disco de ruptura que, en caso de un aumento excesivo de la presión, descargue el halón.

Descarga: difusores (foto 3)

Los difusores tienen como misión.

1. Controlar los caudales de descarga.

2. Proveer la distribución de agente deseada en el espacio protegido.

Para cumplir la primera función, los difusores deben ir tarados con el coeficiente de descarga. Este se obtiene como el tanto por ciento de halón descargado por el difusor respecto del teórico que se descargaría con la tubería abierta del diámetro para la que se ha diseñado.

El coeficiente de descarga no puede ser mayor de 100 por 100 por su propia definición y no debe ser menor del 75 por 100 por lo siguiente:

a) Se asegura que son los difusores, y no la longitud de la tubería, los que controlan la cantidad a descargar en cada boquilla.

b) Se dota de un control automático contra sistemas de cálculo de los que resulten caudales en los difusores que no puedan ser alcanzados bajo las condiciones de presión final calculadas.

Con respecto a la distribución del agente en el espacio protegido, debe determinarse el área en la cual el difusor es eficaz, expresado en términos del cuadrado, rectángulo equivalente, máxima longitud y altura máxima.

Los difusores se situarán de acuerdo con la geometría del local a proteger. El tipo de boquillas, su número y su emplazamiento debe ser tal que se establezca la concentración de diseño en todo el local.

La descarga debe ser de modo que no se proyecte sobre líquidos inflamables ni cree nubes de polvo que puedan extender el fuego, crear una explosión o afectar de manera adversa a lo que hubiere en el local.

ENSAYOS

En el transcurso de la investigación se han realizado algunos de los ensayos que contemplaba un proyecto de norma ISO DP 7075, que en el documento final fueron eliminados, ya que se refería únicamente a instalaciones, no a los componentes en sí mismos.

Estos ensayos, en su mayor parte, se referían a la calidad de los componentes (válvulas y difusores principalmente) en relación con su resistencia mecánica y a la corrosión, fiabilidad operativa, estanqueidad, etc., siendo de los de mayor interés los referentes a las características de flujo, longitud equivalente en válvulas y coeficiente de descarga en difusores. Ello es debido a que estos dos últimos factores son los que

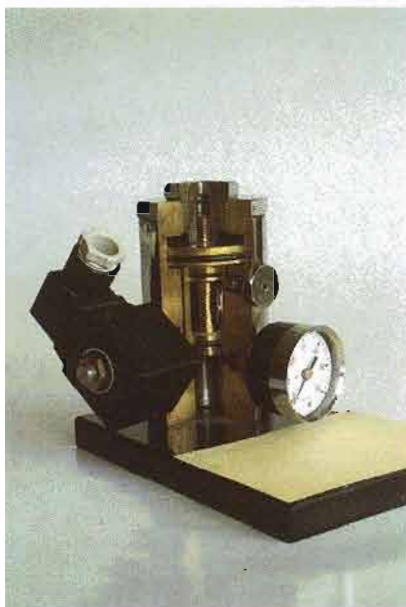


FOTO 2

más influyen, en el primer caso, en la determinación del tiempo de descarga y, en el otro, en el equilibrado del sistema para lograr la mejor distribución del agente en el recinto.

Por ello, a lo largo del estudio se procedió a la puesta a punto de los procedimientos para la realización de estos dos últimos ensayos (foto 4).

Introducción

Es un hecho probado que el fluido que circula por las tuberías en sistemas de halón se encuentra en dos fases, líquida y vapor con nitrógeno, disuelto en ambas.

Ello es consecuencia de que, al disminuir la presión por rozamiento, el fluido reacciona intentando mantener su presión de vapor, haciendo que aumente la fase vapor.

Esto hace muy inexacta la aplicación de las tradicionales ecuaciones de Hazen-Williams y de Moody.

Más aproximada es la aplicación de la teoría del flujo en dos fases, cuyos primeros trabajos teóricos fueron realizados en 1953 por James Heson.

En la misma, el caudal entre dos puntos de una tubería de un diámetro y una longitud determinados se obtiene mediante unos factores (Y, Z) función de la variación de la densidad con la presión y que, considerando el proceso como isoentálpico, quedan definidos a partir de las variables tasa de relleno, nivel de sobrepresurización, y presiones medias en ambos puntos.

La consideración de presión me-

Las válvulas de los sistemas de halón deben estar taradas en términos de la longitud equivalente para un diámetro de tubería, debiendo incluir, además, el tubo sonda, la manguera flexible y la válvula antirretorno que pudiera llevar.

dia es consecuencia de la transitoriedad de los fenómenos que acontecen en la descarga del halón presurizado con nitrógeno.

Una buena aproximación en los cálculos se obtendría partiendo de la presión existente en los recipientes cuando la mitad del halón ha salido de los difusores al exterior.

Determinada esa presión media de almacenamiento, la simple aplicación de la ecuación del flujo en dos fases nos llevará a la determinación de las demás variables en la red de tuberías.

Montaje

Los ensayos de determinación de la longitud equivalente y del coeficiente de descarga de un difusor pueden realizarse simultáneamente mediante el siguiente montaje:

— Recipiente colocado sobre una báscula dotada con un procesador que proporciona un registro peso-tiempo, útil para determinar caudales instantáneos, caudales medios e instante de descarga mitad.

El recipiente se encuentra anclado de manera que no influya en el registro de la báscula.

— Tubería desde el recipiente al difusor.

— Transductores de presión de respuesta rápida, conectados a registradores continuos, situados en el interior del recipiente, a la salida de la válvula e inmediatamente aguas arriba del difusor.

El cálculo del difusor se realizó mediante el programa HALCALC de la firma danesa GINGE-KERR, que también cedió la instalación.



Mala ejecución y soporte en el tendido de tuberías. El sistema de disparo mediante pirotécnico no es adecuado y menos en sistemas centralizados.

Realización

Lo más importante es una perfecta sincronización entre los diversos registradores y el mecanismo de disparo.

Se accionan y se anota el momento del comienzo de descarga líquida.

Análisis de los resultados

Del registro de paso se obtiene el instante de descarga mitad y el caudal medio hasta el momento en que la descarga es gaseosa, caracterizado por un aumento de la presión en el difusor debido a que, a la misma velocidad, experimenta me-

nor pérdida de carga el vapor que una mezcla de éste con líquido.

a) longitud equivalente del conjunto tubo sonda-válvula.

En el instante mencionado se toman los factores "Y" y "Z" de la presión en el interior del recipiente y aguas abajo de la válvula y se aplica la siguiente fórmula:

$$Leq = \frac{2,424 \cdot 10^{-9} D^{5,25} Y}{Q^2} - 0,0432 D^{1,25} Z$$

Donde:

— Leq: Longitud equivalente del conjunto tubo sonda, válvula y manguera flexible (m).

— D: Diámetro interior de la tubería para la que se ha diseñado la válvula (mm). (No tiene por qué ser el de la utilizada en el ensayo.)

— Q: Caudal (kg/s).

— Y: Diferencia de los factores Y para las condiciones aguas abajo del conjunto y en el interior del recipiente.

— Z: Diferencia de los factores Z para las condiciones aguas abajo del conjunto y en el interior del recipiente.

Las características de flujo de los difusores se determinan mediante el coeficiente de descarga, ya definido anteriormente.



FOTO 3

Funcionamientos complejos, con un elevado número de elementos de disparo (válvulas de solenoide o pirotécnicos) funcionalmente en serie, lo que resta fiabilidad al sistema.

Para ello es necesario conocer la presión en el momento de presión media de descarga transductores y la balanza de registro temporal (foto 6).

b) Coeficiente de descarga del difusor.

De la lectura de presión aguas arriba del difusor se determina el caudal teórico a tubería abierta en ábacos al efecto.

El coeficiente de descarga es:

$$K = \frac{QR}{OT}$$

FIGURA 1

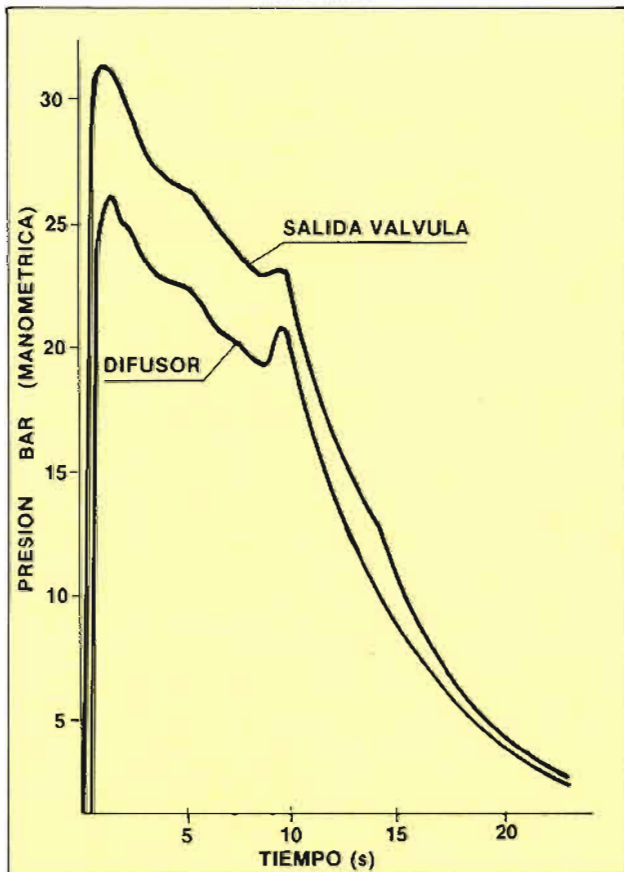
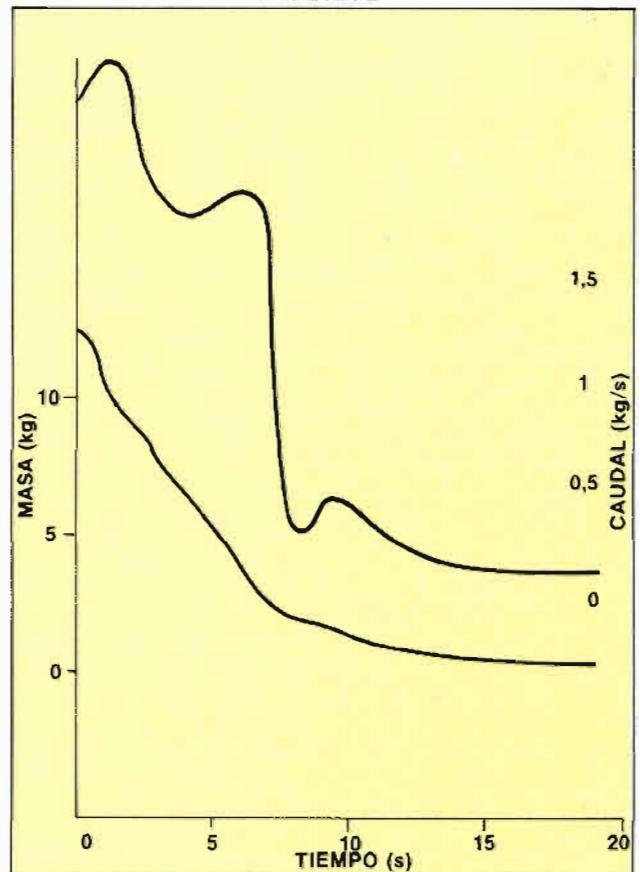


FIGURA 2



Las características hidráulicas de los difusores se determinan con el «coeficiente de descarga».



FOTO 4

Donde:

QR = Caudal medio obtenido en el ensayo.

QT = Caudal teórico a tubería abierta para las condiciones de presión obtenidas.

La figura 1 muestra el registro de presión en los puntos indicados mientras que la figura 2 lo hace del peso y de su variación.

CONTROL DE LAS EMISIONES DE HALON

Es creencia general en la comunidad científica que los productos cloro, fluorocarbonados (CFC,s) son los principales causantes de la destrucción progresiva de la capa de ozono de la estratosfera, observada principalmente en la Antártida.

La desaparición de esta capa supondría graves problemas, tanto para la vida humana como para las especies animales y vegetales e incluso materia inerte de nuestro planeta, ya que la capa de ozono filtra la mayor parte de las radiaciones ultravioleta provenientes del sol.

Conforme a esto, y haciéndose necesario un acuerdo internacional para sumar esfuerzos, se redactó el protocolo de Montreal, firmado por 25 naciones, y las de la Comunidad Económica Europea.

Dicho protocolo establece limitaciones en la producción y uso de los CFC,s en unos plazos, así como restricciones en el comercio de dichas sustancias para con los países no signatarios. También establece un compromiso de colaboración internacional en Investigación y Desarrollo, tanto para reducir las emisiones como para encontrar productos sustitutos a las sustancias reglamen-

tadas, productos que las contienen o productos fabricados con ellas.

En el caso de los halones de protección contra incendios se considera bastante improbable encontrar, a corto y medio plazo, nuevos agentes extintores sustitutos para las aplicaciones en que se hacen necesarios.

Sin embargo, si es posible la reducción de las emisiones mediante líneas de actuación en diversas fases y aspectos en los que se trabaja hasta conseguir la puesta a punto de una instalación.

Elección del sistema

En este punto se hace necesario limitar el uso de los halones a aquellos casos en que sea estrictamente necesario, comparando con soluciones alternativas, tanto con otros agentes extintores como métodos de protección más específicos de los equipos, en lugar de la inundación total.

También sería conveniente la compartimentación de los recintos con el fin de realizar emisiones menores en caso de descarga. Como contrapartida esto conllevaría un mayor coste y complejidad de la instalación, circunstancia esta última que podría ir en perjuicio de la fiabilidad del sistema, por lo que debería estudiarse cada caso.

Diseño y montaje de la instalación

Dada la complejidad y responsabilidad de las instalaciones de halón, se hace necesaria la exigencia de usar diseñadores, programas de cálculo, equipos e instaladores homologados, con el fin de lograr la mayor calidad y fiabilidad posible.

Inspección y prueba de la instalación

La realización de una serie exhaustiva de pruebas y comprobaciones, después del montaje y antes de la puesta en servicio de la instalación puede cumplir alguno de los objetivos de la prueba de descarga real, como son la comprobación de los dispositivos y mecanismos de detección y actuación y una primera comprobación de la estanqueidad del recinto.

Agentes de ensayo sustitutos

El uso de agentes que no dañen el medio ambiente es importante para reducir las emisiones en las pruebas de aceptación de sistemas de inundación total.

Estas son beneficiosas, ya que permiten:

- Mejorar la calidad de la instalación.
- Verificar la mezcla homogénea del agente.
- Probar los cálculos hidráulicos.
- Probar la integridad de la tubería.
- Verificar la integridad del recinto.

Habitualmente se venía usando halón 122 (freón 12) como agente sustitutivo para este tipo de pruebas, pero ha quedado reglamentado como sustancia nociva para la capa de ozono en el Protocolo de Montreal, por lo que plantea semejantes problemas.

Ultimamente se ha experimentado con otro agente: el halón 121 (freón 22), cuyas características destructoras de la capa de ozono son mínimas y es plenamente asequible en la actualidad.

TABLA 1. Variaciones de los materiales en contacto con halón 1301.

Material	% Elongación	Var. en peso
Poliuretano	0	0,6
Silicona SL 100	-1,2	-1,7
Fluorosilicona 85 F 56	0	0
Poliamida DA 65	3	2,5
Etileno propileno	0	-0,8
Estireno SBR	0,4	-0,8
Nitrilo 20% acrílo	-1,2	0,2
Nitrilo 30% acrílo	1,6	-1,4
Nitrilo 40% acrílo	0,8	1,4
Butilo BU 652	2,5	7
Caucho natural	-2,5	-4,2
Cloropreno	-2,4	-4

Fuente: Pyroforano 1301. Atochem.

Una serie de ensayos realizados en una instalación mostraron que el halón 121 se corresponde bien con el halón 1301 en mezcla, concentración de agente y flujo hidráulico.

Posteriores ensayos y publicación de éstos, mostrando los factores de correlación necesarios, permitirán el uso de halón 121 como agente de ensayo.

Técnicas de presurización por ventilador

Las técnicas de presurización por ventilador aportan un método relativamente nuevo de ayuda al control de las emisiones de halón.

Este procedimiento es usado principalmente en el campo de la conservación de la energía, consistiendo en la presurización o despresurización mecánica y midiendo los caudales a unas determinadas diferencias de presión entre el recinto a estudiar y el exterior. De la relación entre caudales y diferencias de presiones se pueden evaluar las características de pérdida de aire de un recinto, es decir, el área equivalente de pérdidas o aberturas.

Esta técnica tiene tres aplicaciones en la industria del halón:

- Indicación del camino de las pérdidas, mediante lápices de humo o sensores acústicos.

- Pruebas periódicas determinando el área equivalente de pérdidas y su variación con el tiempo.

- Calificación de la estanqueidad del recinto a partir del área equivalente de pérdidas.

CONCLUSIONES

De la revisión bibliográfica, las conversaciones mantenidas con técnicos expertos en el tema, los ensayos realizados y en opinión propia



FOTO 5
Detalle de difusor con transductor.

en alguno de los casos, la situación presente y futura de los sistemas fijos de extinción por halón es como sigue:

- Existe un vacío en la normativa para la homologación de componentes de estos sistemas.

- Los cálculos de pérdida de presión, en los sistemas, dados la complejidad del flujo y la transitoriedad de la descarga, son muy difíciles, si no imposibles, de sistematizar con exactitud mediante procesos bien manuales bien por ordenador. Los existentes, en sistemas complejos, podrían resultar un fracaso tanto en cuanto a tiempo de descarga como a distribución del agente.

- En los sistemas de inundación total, dada la necesidad de mantener una concentración mínima de agente durante un cierto tiempo, el grado de estanqueidad del local es un factor muy importante y difícil de evaluar, no sólo en el momento de la recepción, sino a lo largo de la vida de la instalación. Esto constituye una de las principales causas de fallo.

- Los dos puntos anteriores, en especial el primero, son los que hacen necesaria la prueba de descarga

real, que, como se explicó anteriormente, es causa de la mayor cantidad de emisiones de halón a la atmósfera.

- Como consecuencia del Protocolo de Montreal y posibles ampliaciones de éste y de la lógica concienciación general sobre la problemática que supone y supondrá el deterioro del medio ambiente, es de esperar una importante reducción en la instalación de sistemas de este tipo.

- Aparte de las circunstancias anteriores, existen instalaciones hechas con precipitación y de modo imperfecto, que siguen criterios ignorantes o imprudentes en alguna o en todas las fases que se siguen desde la selección del sistema hasta la prueba de descarga, por lo que en ocasiones resulta inútil hacer normativa o recomendaciones que luego son desoidas, por razones de osadía o de falsa economía.

BIBLIOGRAFIA

- National Fire Protection Association. National Fire Codes NFPA 12-A/87. Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems.
- International Standard Organisation TC 21. ISO/BP 7075. Halon 1301 Fire Extinguishing Systems.
- Chemetron Fire Systems. Design Manual for Halon 1301 Systems.
- Factory Mutual. Data Sheets.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Acta final Protocolo de Montreal. Septiembre 1987.
- JUAN LUIS ROMAN: Informe Congreso «Fire Protecting Halons and the environment», VII 1988.
- The Council of British Fire Protection Equipment Manufacturers. «Code of Practise for Halon Fire Protection System Test and Equipment Integrity». Draft Document. Febrero 1988.
- CASEY C. GRANT. Controlling Fire Protection Halon Emissions Fire Technology. Ene./Feb. 1988.
- STEPHEN O. ANDERSEN: Halons and the Stratospheric Ozone Issue Fire Journal, Mayo/Junio 1987.
- GARY TAYLOR. Achieving the Best Use of Halons Fire Journal. Mayo/Junio 1987.
- GINGE KERR: Manual Programa HAL-CALC.