



# Novedades en la detección y extinción de incendios. Sistemas más eficaces y respetuosos con el medio ambiente

JOSÉ MIGUEL LACOSTA BERNA  
*Experto superior en Seguridad*

## SUMARIO

*Este trabajo trata de nuevos equipos aparecidos recientemente en el panorama de la lucha contra el fuego: la detección por aspiración de alta sensibilidad y la extinción con agua nebulizada a alta presión, que en su origen son tecnologías conocidas, pero que se han visto enormemente mejoradas al aprovechar avances producidos en otros campos.*

*Como orígenes comunes podemos citar dos: la tendencia a la precocidad en la seguridad contra incendios (rapidez en detectar y en extinguir, y si se suman ambas mejor) y la búsqueda de alternativas a los halones, con reducidos volúmenes y altas eficacias.*

*Se verá que la novedad no está en los fundamentos de los sistemas, sino en el aprovechamiento de novedades técnicas, como las lámparas láser o los equipos hidráulicos de alta presión, a esas tecnologías «clásicas», consiguiendo mejoras importantes en el funcionamiento y eficacia, incluso nuevas aplicaciones.*

**Palabras clave:** Seguridad contra incendios, detección por aspiración, detección de gases, extinción por agua nebulizada.

## INTRODUCCIÓN

Las tecnologías que constituyen este trabajo no son, en sentido estricto, nuevas, ya que parten de bases «clásicas», como la detección precoz de humos y la extinción por agua, conocidas desde hace tiempo.

La novedad está en la aplicación de mejoras técnicas, como las lámparas láser o los equipos hidráulicos de alta presión, a esas tecnologías «clásicas», consiguiendo aumentos importantes en el funcionamiento y eficacia e incluso nuevos campos de actuación que se añaden a los ya conocidos.

Hay en esos nuevos planteamientos algo común y resulta sorprendente por tratarse de sistemas muy distintos. Ese denominador común son los halones o, mejor dicho, su origen es la falta de ellos, fallecidos tras grandes servicios a la extinción de incendios y

después de ser acusados de enemistad con el medio ambiente.

Esas dos circunstancias, existencia de equipos avanzados y la urgente búsqueda de alternativas a los halones han sido dos de los grandes «culpables» de que ahora dispongamos de unas nuevas tecnologías, aunque realmente no lo sean tanto, muy eficaces y de gran futuro en la lucha contra el fuego.

## LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN POR ASPIRACIÓN

### Breve historia

Los sistemas de detección de incendios, que en la actualidad nos parecen controlados y conocidos, corresponden a desarrollos con una edad no superior a los cuarenta-cinco años en lo referente a sus inicios y aún algo menos en cuanto a su difusión y comienzo de su empleo generalizado.

La energía nuclear no tiene una edad mucho mayor que las indicadas, y como ejemplo del aprovechamiento de tecnologías, conviene recordar que los detectores de empleo actualmente más difundidos por su rapidez, los iónicos o, como también se les conoce, los detectores de «humos visibles», por la etapa en la que actúan, se basan precisamente en este tipo de energía (cápsulas de Am 241). Otro hecho importante en el campo de la detección de incendios lo constituye el desarrollo de la electrónica, y en particular en su variante más reducida, la microelectrónica, y es un hecho real que la detección de incendios ha mejorado en sus prestaciones conforme lo han ido haciendo las tecnologías electrónicas e informáticas.

Sin embargo, y en paralelo con la difusión de los actuales sistemas de detección, de gran eficacia y que han servido para salvar muchas vidas, se han ido realizando grandes trabajos de investigación para corregir algunas cuestiones que afectan a estos mismos detectores.

Una de esas cuestiones se refiere al carácter estático de los detectores «clásicos» (recordemos que hablamos de una «antigüedad» inferior a cincuenta años). El detector puntual, según el principio con que funciona, tiene que oler el humo, ver las llamas o sufrir los efectos del calor para que actúe. Como los detectores están fijados en una posición determinada, cualquiera de esos efectos tiene que alcanzar al detector para que éste pueda emitir una señal de detección de incendio.

En el caso de los detectores que «huelen» el humo, se comprobó inmediatamente que no siempre era fácil y rápido que los aerosoles tempranos que se producen en los incendios llegaran al detector. Corrientes de aire, movimientos del aire acondicionado, rincones, puertas o ventanas abiertas, etc., dificultaban y, lo que realmente nos afecta, retrasaban la producción de la señal de detección de incendio. El impacto de esas circunstancias se ha conseguido atenuar, y en muchos casos anular, mediante reglas o códigos que recogen buenas prácticas de instalación.

Como parece que el detector tenía dificultades para «oler» el humo, la solución fue la de llevar el humo al detector. Y así, a mediados de los setenta, se inició el empleo de técnicas de aspiración *activas*. Los nuevos sistemas de detección estaban formados por cámaras que contenían un ventilador que, a través de unos tubos, aspiraba el aire ambiente del recinto vigilado, así como un detector de humos. El hecho de aspirar mecánicamente el aire confería el carácter de *activas* a dichas cámaras.

Ese tipo de sistemas, que ya representaban una mejora, fue muy utilizado en centroeuropa, principalmente en Holanda y Alemania, y continúan siendo empleados por algunos fabricantes muy importantes.

### Los actuales sistemas de aspiración

El desencadenante que ha agitado el campo de la detección precoz ha sido un tema indirecto, pero muy relacionado, como es el de la actualización de la protección por extinción con halones, provocado por el cese de fabricación de estos agentes extintores.

En efecto, la revisión de los recintos protegidos por halón, al objeto de decidir nuevas estrategias de protección, ha puesto de relieve la baja eficacia de la detección de incendios convencional en muchas aplicaciones, como centros de proceso de datos, archivos, centrales telefónicas, galerías de cables, salas de control (Fig. 1) y en general, en todos aquellos ambientes donde se precisa una detección rápida y sensible, o donde los factores ambientales, corrientes de aire, suciedad, etc., hacen que la detección convencional sea propensa a una respuesta lenta, o a la producción de falsas alarmas.

Los sistemas de detección de humo por aspiración (conocidos en inglés por las siglas ADS, Aspirating Detection System) fueron desarrollados a mediados de los años setenta.

De modo análogo a lo que se decía antes sobre las aplicaciones tecnológicas al incendio, el momento de aparición de estos sistemas no es ajeno a la disponibilidad en el campo civil de una serie de técnicas o de dispositivos de alta tecnología procedentes del campo militar, como los nefelómetros (empleados en los laboratorios para medir suspensiones de partículas sólidas en medios transparentes, pero también para aterrizar en condiciones de niebla), los intensificadores de imagen (empleados en equipos de visión nocturna) y de las lámparas de alto espectro, inicialmente de xenón y en la actualidad láser.

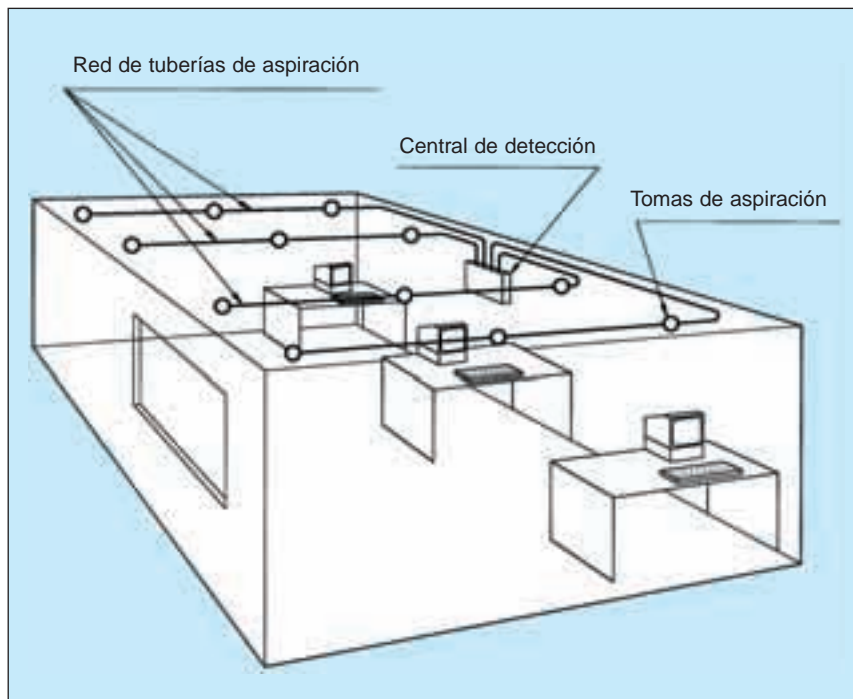
### Descripción del sistema

Un sistema de detección de humo por aspiración (Fig. 2) está formado por, al menos, los siguientes elementos:

**FIGURA 1. Las salas de ordenadores constituyen una de las aplicaciones más típicas de los equipos de detección por aspiración dada la necesaria precocidad que se necesita.**



**FIGURA 2. Composición general de un sistema de detección de humo por aspiración.**



– Una central de detección, exteriormente similar en dimensiones y señales a las centrales de detección convencionales, pero que en su interior incorpora: un equipo de aspiración, que da nombre al sistema, formado por un dispositivo de aspiración (una turbina o ventilador), un filtro y un equipo de detección, que transforma la presencia de humo en señal eléctrica continua (desde el 0,005 por ciento hasta, por ejemplo, un 20 por ciento, frente al 2-3 por ciento fijo de los detectores convencionales, y un equipo de control, que gestiona esa señal eléctrica continua (ese carácter de continua, que diferencia a la señal de estos detectores de los puntuales convencionales, permite disponer de gran número de niveles de prealarma intercalados entre el umbral de detección y la señal de incendio propiamente dicha).

– Una red de tuberías, que sustituye a los cables convencionales. Los tubos principales, de un diámetro exterior de 25 mm, están conectados a la central de detección. De estas tuberías, y a través de una piezas en T, salen los capilares de un diámetro exterior de 10 mm a las tomas exteriores.

– Unas boquillas de aspiración, que funcionan como tomas de muestreo.

Esta composición es básica y a partir de ella existen en el mercado equipos con diversas configuraciones y

prestaciones muy variadas. Las aplicaciones de estos equipos a la seguridad contra incendios en la construcción: salas de ordenadores, archivos, etc., no son las únicas y se están ampliando día a día debido a lo reciente de esta tecnología.

Como puede verse en la descripción de la central, el dispositivo de aspiración proporciona la presión negativa necesaria para arrastrar el aire a través de una red de tubos conectados que se extienden sobre el riesgo a proteger, con tomas de muestreo en los lugares adecuados a lo largo de la red.

En los primeros sistemas de detección de humo por aspiración que aparecieron resultaba muy difícil emplear un detector puntual debido a que la baja sensibilidad del mismo detector limitaba el alcance y eficacia de la red de tuberías. Sólo cuando aparecieron los dispositivos de aspiración de alta sensibilidad pudieron desarrollarse sistemas eficaces en la detección y relativamente reducidos de tamaño, características que produjeron inmediatamente un aumento en las aplicaciones dadas su gran utilidad.

#### **Tipos de detectores por aspiración de alta sensibilidad**

Con el crecimiento de las aplicaciones y en un mercado altamente competitivo, los tipos de detectores emplea-

dos en equipos de aspiración han aumentado también. Ahora, la selección por el usuario es amplia, con una selección de fabricantes y tipos de unidades de aspiración por detección (que también se conocen como *cámara de análisis*), con distintas tecnologías en la operación y detección; diseño del *software*, redes de comunicaciones e integración del sistema de *software* y *hardware*, y así sucesivamente.

Hay varios tipos principales de tecnología de detección empleados para conseguir la alta sensibilidad necesaria:

- Dispersión de luz (emisor de luz masivo).
- Contador de partículas por láser.
- Ionización.
- Cámara de niebla.

El dispersador de luz (Fig. 3) trabaja esencialmente como un detector de humo de punto óptico. Una fuente luminosa emite luz a través del volumen de muestreo contenido en una cámara. Cuando el aire está limpio, la pantalla colocada dentro de la cámara impide que se reciba luz alguna en un fotoreceptor colocado frente a, o formando un ángulo con la fuente de luz. Sin embargo, la presencia de humo produce la dispersión de la luz incidente, que se detecta parcialmente por el fotosensor.

Hay una cierta variedad de métodos para conseguir que un detector de alta sensibilidad que trabaja por dispersión de luz pueda percibir y discriminar niveles con densidades de humo muy pequeñas. Una de las primeras técnicas fue emplear una luz de xenón muy intensa. La lámpara de xenón «inundaba» con su luz una gran zona de muestreo; la presencia del humo producía una señal tan grande que superaba cualquier efecto de «ruido», o luz no deseada, procedente del exterior. Los diseños más modernos emplean el láser para conseguir el mismo efecto.

Sensores múltiples pueden ayudar a reducir la presencia de falsas alarmas mediante diferenciación de las partículas (por ejemplo, color, tamaño, forma). Los algoritmos de *software* en el análisis de la señal detectada pueden también reducir la presencia de sucesos que conduzcan a falsas alarmas y aumenten la sensibilidad global de la operación. Las grandes partículas (como el polvo) dispersan mucha más luz que las pequeñas (tales como el humo), y los dispositivos del dispersador de luz en masa necesitan alguna forma de filtración o separación de aire para reducir más las falsas alarmas.

El contador de partículas láser emplea el mismo principio de dispersión



de luz descrito anteriormente, pero con un fotosensor de sensibilidad muy alta que reduce el ruido y que recoge los niveles más pequeños de luz incidente. Cada fotón de luz es detectado como un impulso, cuya altura depende del tamaño de la partícula y de la velocidad del flujo a través del volumen sensible de detección. Circuitos de corriente y electrónica integrada aseguran que la sensibilidad sea constante con el flujo y se consigue una reducción de las falsas alarmas por conteo estadístico y rechazo de tamaño.

Los detectores basados en la ionización operan de modo muy parecido a los detectores de humo de ionización puntual, a menudo con una fuente de ionización mucho mayor para aumentar la carga de un número más

pequeño de partículas presentes, permitiéndoles que sean detectados más fácilmente.

Los de cámara de niebla (Fig. 4) emplean una combinación de técnicas para conseguir la medida final de la densidad de humos. Las partículas de combustión entran en la cámara de niebla, en la que la condensación de gotas de agua destilada se produce alrededor de las partículas. Esto aumenta el diámetro tanto de esas partículas como de otras que penetran en el interior (tales como el polvo) al mismo diámetro total. En cualquier volumen dado habrá siempre muchas más partículas pequeñas (humo) que grandes (polvo), de manera que el polvo tendrá muy poco efecto sobre la medida total. Estos núcleos condensados más grandes de las partículas de hu-

mo son fácilmente detectados con la colocación de una detección óptica sencilla en la etapa final de la medida.

### Aplicaciones

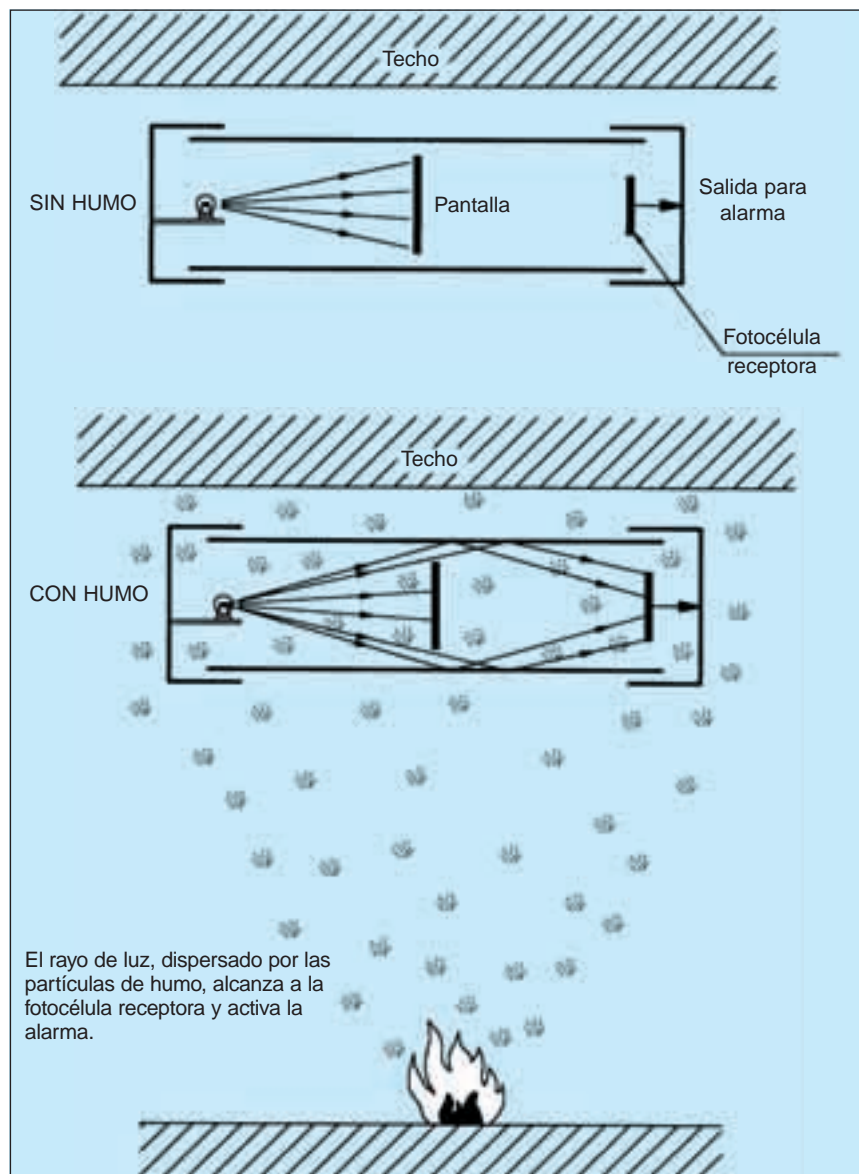
La primera aplicación de los sistemas de detección por aspiración de humo de alta sensibilidad fue en zonas que contenían equipos de alto valor económico, tales como salas de ordenadores, o en las que un incendio sería extremadamente perjudicial o caro para la continuidad de los negocios (telecomunicaciones o «salas blancas»). La idea era que los dispositivos fueran de tan alta sensibilidad que el fuego pudiera ser detectado mucho tiempo antes de que empezara.

Debido a la alta sensibilidad de estos dispositivos, las salas de telecomunicaciones y de ordenadores, con sus ambientes de altos flujos de aire, son a menudo protegidos con detectores de aspiración por humo, instalados de modo que tomen muestras de las entradas de aire de una unidad de movimiento de aire o de un sistema de conductos centralizados. Como los detectores de aspiración por humo se diseñan para trabajar en corrientes de aire forzadas, nunca hay problemas con las altas corrientes de aire en el recinto a proteger que afecten al funcionamiento del dispositivo, ni con la dilución del humo.

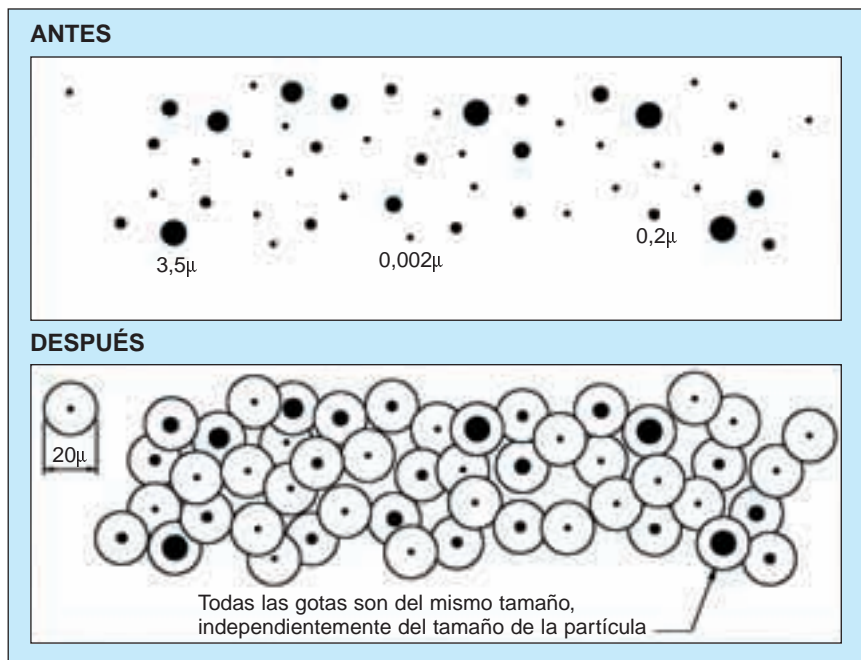
El primer gran beneficio de estos dispositivos es su capacidad para detectar humo en las etapas más tempranas de un incendio. Otra característica es la de cubrir grandes superficies, bien empleando la ventilación forzada disponible en el recinto a proteger (la aplicación) o, alternatively, por un trazado extensivo de los tubos de muestreo. El límite último viene determinado por el tiempo de transporte del aire a través de la red de tubos citada y que no debe exceder de ciento veinte segundos. En 1996, la BFPSA (The British Fire Protection Systems Association) publicó su *Code of Practice for Category I Aspiring Detection Systems*, que es un documento de referencia en el sector.

La detección por aspiración puede emplearse para la detección multinivel, ejemplo de aplicación son los atrios (Fig. 5) y almacenes de mercancías. El mayor beneficio es la de ser capaz de muestrear a varios niveles, superando los efectos de la estratificación del humo; el nivel del cual variará dependiendo de la temperatura y de la humedad. Además, particularmente en el caso de almacenes, el mantenimiento se reduce, ya que los puntos de detección están conectados a un solo detector aspirante.

**FIGURA 3. Esquema básico de un detector de humo por aspiración basado en el principio de dispersión de la luz. (Procedencia: Ref. 6).**



**FIGURA 4. Funcionamiento de la cámara de niebla empleada en detección de humos por aspiración. (Procedencia: Ref. 4).**

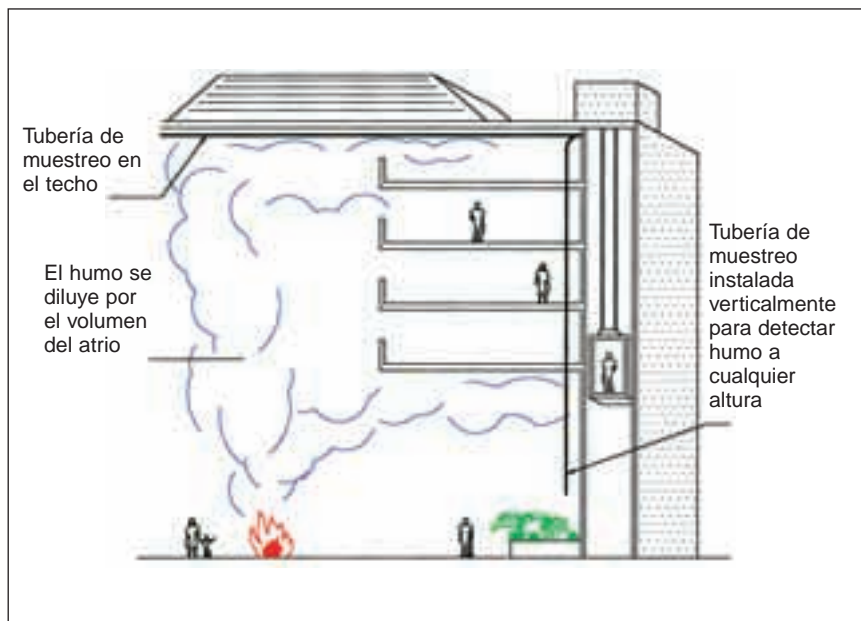


La capacidad para muestrear vagamente aire por humo conduce a que la detección por aspiración puede ser una forma casi invisible (sólo se necesita un punto de muestreo de 3 a 5 mm de diámetro), bien por razones estéticas (en una propiedad de destacada arquitectura) o por propósitos de funcionalidad (cámara anecoica). Muchos cientos de detectores por aspiración han sido instalados en propiedades de patrimonio antiguas.

**Variantes**

Están disponibles diversas variantes de unidades de detección de humo por aspiración. Los dispositivos pueden ser bien de punto individual (o zona), multiárea (o multizona) y multipunto. Los dispositivos de punto individual serán capaces de determinar la situación del humo en el conjunto, en el área de detección; un dispositivo multiárea diferenciará entre áreas in-

**FIGURA 5. Muestreo secundario y vertical en un átrium abierto; por ejemplo, en una galería comercial. (Procedencia. Ref. 5).**



dividuales, y un dispositivo multipunto diferenciará entre puntos individuales. La selección de la unidad dependerá del tamaño del área protegida, número de áreas, tiempo de respuesta requerido y exigencias del hardware.

Por ejemplo, una unidad de detección multiárea conseguirá sólo la misma área total que la conseguida por un dispositivo de área individual, empleando el mismo tamaño de tubo de muestreo (típicamente 15 a 21 mm de diámetro exterior).

Los dispositivos multipunto están limitados al muestreo de un punto simple, pero emplean un tubo de muestreo mucho más pequeño (en general, de 6 a 8 mm de diámetro exterior). Los dispositivos multiárea y multipunto actúan diluyendo efectivamente la total sensibilidad del sistema. Los dispositivos detectan una condición de prealarma durante un modo continuo de muestreo, y entonces continúan para determinar el área o punto de alarma.

Recientemente ha aparecido la tecnología que emplea la cámara de detección individual por área en muestras multiáreas, reduciendo el tiempo de detección y mejorando la sensibilidad del sistema.

Los dispositivos de área simple entran en la más grande variedad de presentaciones con: control integral, control remoto, dispositivos de detección, completados con tarjetas de interfaz dirigibles analógicas por conexión directa con el lazo, con o sin suministro de energía y red de comunicaciones de datos.

**Aplicaciones en seguridad y salud laboral**

El principio de aspiración por alta sensibilidad se ha empezado a utilizar en seguridad y salud laboral para detección de gases en ambiente, habiendo equipos en la actualidad que controlan hasta cuatro gases diferentes.

El principio de funcionamiento es similar al indicado para la detección por aspiración. Los equipos, físicamente similares a los de detección de incendios, permiten muestrear hasta 32 puntos distintos, indicando de modo independiente para cada punto el nivel existente de gas entre el 0 y el 100 por cien.

Para cada punto de muestreo hay dos umbrales programables de alarma: **prealarma** y **alarma**. Estos equipos disponen de un excelente paquete gráfico que muestra alarmas, tuberías bloqueadas, fallos y unidades aisladas. Cuando se produce una señal, se indica en el mapa y se registra de modo protegido por clave.

De acuerdo con la composición de estos equipos, descrita anteriormente, en la instalación de tuberías y de boquillas no hay presencia de ningún tipo de energía, por lo que pueden emplearse en ambientes de riesgo.

## LA EXTINCIÓN POR AGUA NEBULIZADA O EL RENACIMIENTO DEL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR

### Breve historia

En la década de los cuarenta, Factory Mutual ya investigó el empleo de agua finamente dividida para la extinción de incendios de líquidos inflamables. Se reconoció que gotas muy pequeñas de agua podían ser empleadas contra el fuego, ya que enfriaban y disminuían la concentración de oxígeno en la zona de combustión. Sin embargo, aunque eran evidentes las ventajas potenciales de estos sistemas sobre los rociadores clásicos, la obtención de las altas presiones requeridas supusieron una importante barrera en ese tiempo.

Las primeras experiencias con agua nebulizada (*watermist*, en terminología anglosajona), en protección contra incendios datan de los años cincuenta en Estados Unidos. Durante los años sesenta y setenta se desarrolló una intensa actividad de I+D. En 1980 se utilizó por primera vez en submarinos. En 1984 se comenzó a estudiar en el Reino Unido su aplicación en aviones. El cese de fabricación de halones por imperativo del Protocolo de Montreal ha dinamizado los trabajos necesarios para la más amplia disponibilidad de este agente extintor y sus sistemas asociados. La NFPA constituyó en 1993 un comité sobre sistemas de agua nebulizada.

Los dos factores fundamentales que han impulsado el trabajo de investigación sobre estos sistemas durante este tiempo han sido:

a) La necesidad de solucionar el problema de la seguridad contra incendios en entornos que limitan la cantidad de agua que puede ser almacenada y descargada.

b) La búsqueda de una forma de aplicación para el agua que haga que este agente extintor sea el adecuado para fuegos de líquidos inflamables, equipos eléctricos y electrónicos y otros combustibles para los que el agua no había sido hasta ahora considerada.

En la actualidad diversas compañías fabrican sistemas comerciales de

agua nebulizada que se han probado e instalado para su uso en protección de equipos de comunicaciones, recintos informáticos, salas de control, salas de máquinas, barcos, etc.

Las ventajas de este sistema resultan evidentes en cuanto a algunas de sus características: economía, no perjudica al medio ambiente, no conduce la electricidad, inocuidad para los equipos protegidos y para las personas, y las cantidades de agua que se emplean son muy reducidas.

### Algo de teoría de extinción

En sistemas de baja presión, caso de los rociadores convencionales, se sabe que las gotas de agua que se producen deben tener un diámetro mínimo crítico. Si el diámetro de las gotas está por debajo de ese mínimo, el agua es vaporizada por el calor antes de llegar al fuego propiamente dicho y, por tanto, de poder apagarlo. Este efecto ha dado lugar a nuevas familias de rociadores que inciden sobre aspectos particulares, como los rociadores de gota gorda (que quedan suficientemente descritos por su propio nombre) o los de respuesta rápida.

El agua, la vieja, antigua y eficaz agua, además del tamaño de la gota,

que está relacionado con la cantidad de agua arrojada, cuenta con otro parámetro eficazmente empleado en los sistemas de agua nebulizada, y es la presión de salida de esas gotas.

El concepto físico que relaciona ambos parámetros es el de la *cantidad de movimiento*, que en mecánica se define como *el vector resultante de multiplicar la masa por la velocidad*. Así, los sistemas de agua nebulizada se definen por tres características, que determinan su efectividad como agente extintor:

- Cantidad de movimiento de la pulverización.
- Densidad del flujo.
- Distribución de los tamaños de gota.

Dichas características las podemos ver más adelante.

En resumen: la eficacia extintora del agua nebulizada se basa en la alta pulverización del agua utilizada, lo que optimiza los efectos de enfriamiento, atenuación del calor radiante y desplazamiento del oxígeno en la base del fuego (Fig. 6).

La alta velocidad de las gotas compensa su pequeña masa; su producto proporciona un alto valor a su cantidad de movimiento, lo que determina la capacidad de penetración de la go-

**FIGURA 6. La tecnología de las altas presiones ha abierto paradójicamente el camino a la extinción empleando gotas muy pequeñas pero con grandes efectos.**





ta en el penacho de gases calientes producido por las llamas, y garantiza que el agua no será desplazada del entorno del fuego. Las gotas en suspensión crean una niebla húmeda y densa que envuelve al fuego, impidiendo su expansión, reduciendo el tamaño de la llama y apagándolo al final. El oscurecimiento que origina esa niebla alrededor del fuego atenúa a su vez la cantidad de calor radiado.

### Principio de funcionamiento

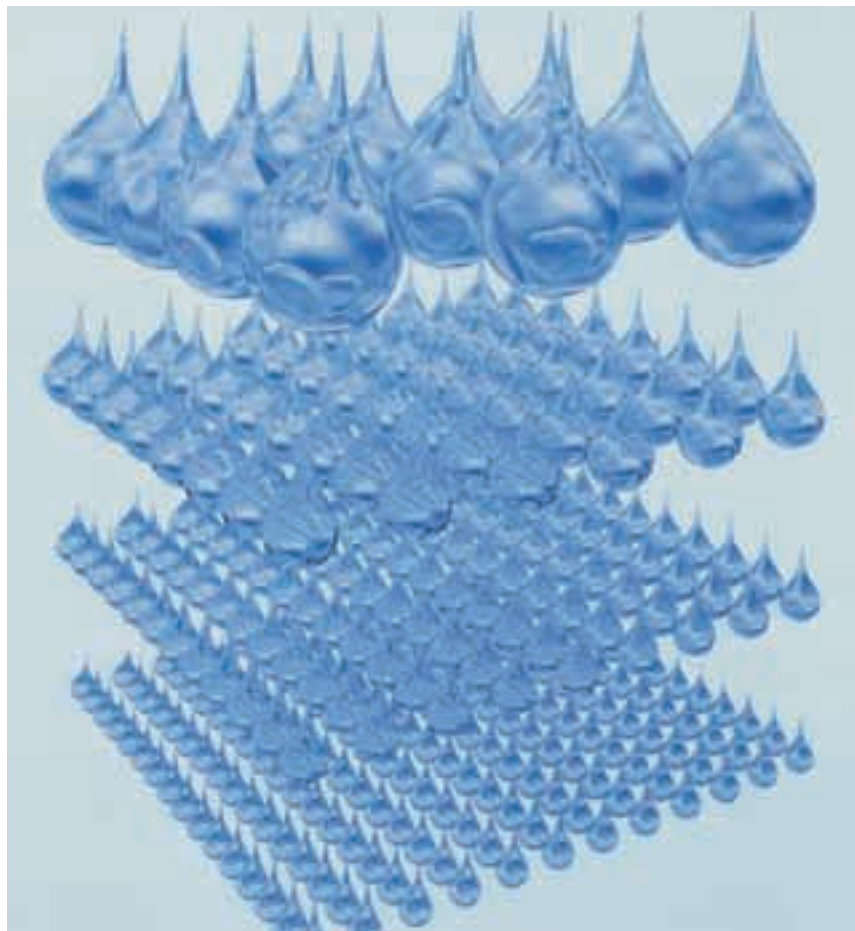
De esta manera, el agua nebulizada basa su principio de extinción y control del fuego en tres acciones diferentes:

- Enfriamiento.
- Desplazamiento del oxígeno por vapor de agua.
- Atenuación de la transmisión del calor por radiación.

El efecto de enfriamiento se optimiza al máximo por la división del agua aplicada en gotas extremadamente pequeñas (60-200 micras), lo que resulta un incremento de la superficie de absorción de calor y, por lo tanto, un aumento de la producción de vapor.

Como el lector sabe, la absorción de calor se realiza siempre a través de las superficies expuestas, y para un volumen de agua dado la superficie del agua será mayor cuanto menor sea el diámetro de las gotas en que se divida (Fig. 7).

**FIGURA 7. Las gotas de niebla tienen una gran superficie de reacción en comparación con el volumen de agua y absorben grandes cantidades de energía del fuego. (Procedencia: Documentación FOGTEC. Cortesía de SVS).**



Diámetro de la gota (mm)	Superficie total de las gotas contenidas en 1 litro de agua (m <sup>2</sup> )	Aplicaciones
1 mm	6	Rociador convencional (Sprinkler)
0,1 mm	60	
0,01 mm	600	Agua nebulizada (Water mist)

Por tanto, estas gotas de niebla permiten que con un volumen de agua mínimo se realice una absorción de calor y, por tanto, un enfriamiento del ambiente muy superior al de las descargas de los rociadores convencionales, o las boquillas de los sistemas de agua pulverizada.

Con la absorción de calor, un porcentaje de esas gotas pequeñas llega a pasar al estado gaseoso, retirando el calor necesario para la evaporación de las gotas (el agua aumenta 1.640 veces de volumen al evaporarse) y desplazando de la base del fuego una cantidad de oxígeno fundamental para su crecimiento.

El proceso de vaporización enfría el combustible, impide la emisión de los vapores inflamables y produce la extinción. En efecto, el agua al expandirse desplaza el oxígeno (siempre en la base del fuego) y reduce consecuentemente la cantidad de oxígeno que alimenta la combustión. Si este vapor puede quedar confinado en la proximidad del incendio, caso de un recinto cerrado, o puede ser proyectado directamente a la base de las llamas, el oxígeno libre quedará reducido consiguiéndose el cese de la combustión.

Es importante resaltar el hecho de que el efecto de sofocación se limita al entorno del fuego, que es donde el

agua nebulizada se convierte en vapor. El recinto, en modo opuesto, permanece con niveles de oxígeno genéricos, superiores al 16 por ciento, lo que hace que la atmósfera no resulte asfixiante (Fig. 8.a).

Por otro lado, las pequeñísimas gotas de agua quedan suspendidas en el aire, reduciendo la transmisión de calor, por radiación entre las llamas y el combustible no volatilizado, impidiendo su contribución a la continuidad del incendio. La reducción de la temperatura ambiente en el lugar del incendio disminuye de forma drástica desde el mismo momento en el que se inicia la descarga, bajando la temperatura desde 1.000 °C a niveles de 40 °C, o menos, en segundos, con lo que la habitabilidad del lugar queda garantizada (Fig. 8.b).

La comprensión de los mecanismos de extinción nos permite entender los principios de aplicación:

- Junto a una distribución homogénea de las gotas y con el pequeño tamaño de éstas, es necesario que tengan altas velocidades para que o

posean una cantidad de movimiento lo suficientemente alta que les permita atravesar los gases calientes del penacho de fuego y alcanzar la base de las llamas.

- Para conseguir un desplazamiento del oxígeno, el incendio debe estar suficientemente encerrado para contener el vapor de agua generado, o, en caso contrario, espacios abiertos, el sistema de proyección del agua nebulizada debe garantizar que el agua penetre en la base de las llamas.

- Para que se produzca el bloqueo del calor radiante, la niebla debe envolver el entorno del fuego.

Además de su gran capacidad extintora, el uso de estos sistemas presenta otras ventajas, tales como:

a) Solamente utilizan agua y aire o nitrógeno, siendo por tanto un producto 100 por cien ecológico.

b) Al activarse el sistema, arrastra y decanta los gases tóxicos y partículas de la combustión en el recinto incendiado, ayudando a eliminar el mayor factor de riesgo para las personas durante el incendio, como es la inhalación de vapores tóxicos y partículas nocivas. Esta habitabilidad queda corroborada con unos niveles de oxígeno durante la descarga de más del 16 por ciento, de tal manera que el aire que se respira está «limpio» y con la cantidad de oxígeno suficiente para evitar daños a las personas en el tiempo normal de evacuación.

c) Su empleo es adecuado para la protección de turbinas y máquinas de combustión interna, ya que, debido a la pequeña cantidad de agua empleada, la misma no es capaz de producir un choque térmico lo suficientemente brusco como para producir la rotura de carcasas, anillos de toberas, colectores, etc. Esta niebla micronizada en suspensión reduce a una expresión mínima el deterioro que una descarga de agua puede producir (un simple rocío) y, por supuesto, no presenta ningún riesgo para la vida humana ni para el medio ambiente.

El diseño de un sistema de agua nebulizada implica la evaluación de los principios anteriormente expuestos para cada tipo de incendio.

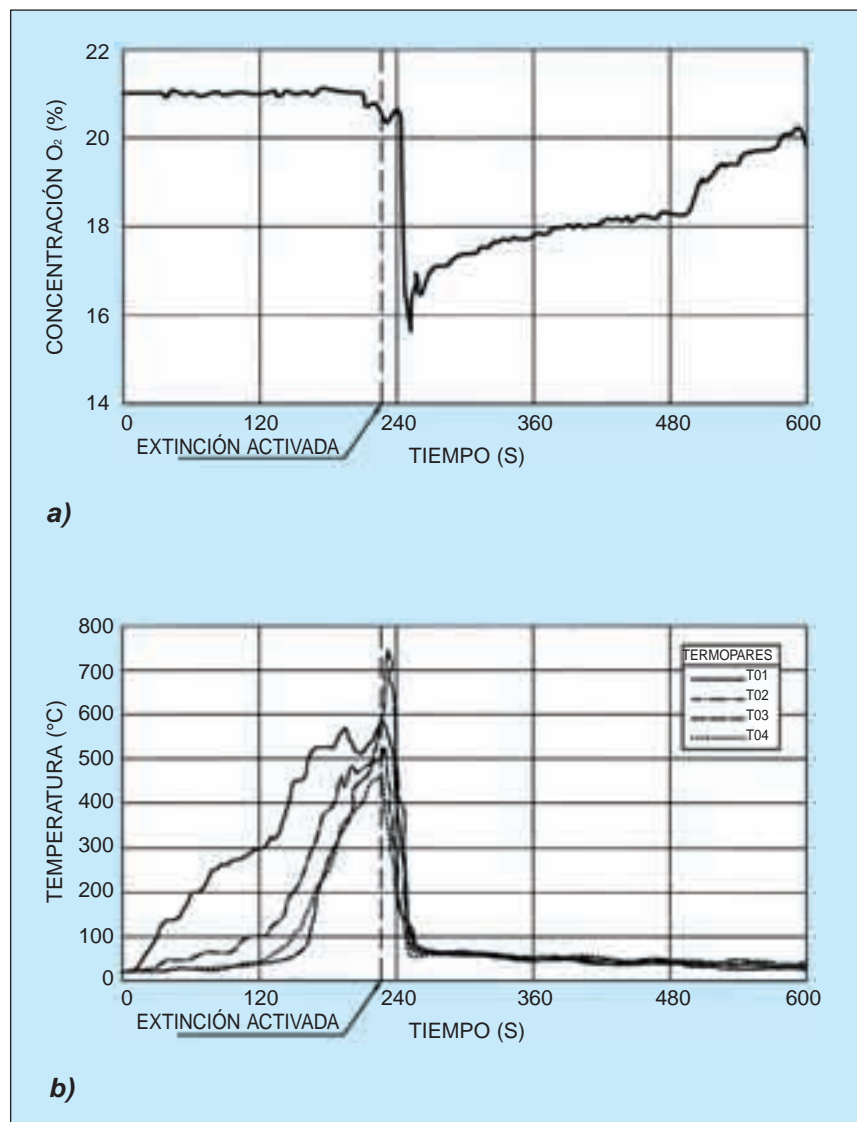
### Descripción de los equipos de agua nebulizada

#### Clasificación

En función de la presión de descarga, los sistemas de agua nebulizada se clasifican en tres tipos:

- Alta presión: los diseñados para presiones de trabajo de 500 psi (34,5 bar), o mayores.

**FIGURA 8. Parámetros medidos durante un ensayo de fuego a escala real: a) Variación de la concentración de oxígeno. b) Variación de las temperaturas. (Procedencia: Documentación FOGTEC. Cortesía de SVS).**



- Media presión: para presiones mayores de 175 psi (12,1 bar) y menores de 500 psi (34,5 bar).

- Baja presión: con presiones de trabajo iguales o inferiores a 175 psi (12,1 bar).

En función del tipo de fluido que utilizan, existen dos tipos de sistemas:

a) Los sistemas de un solo fluido son los que requieren únicamente una red de tuberías para transportar el agente extintor a las boquillas. El agua nebulizada se producirá por alguno de los siguientes métodos:

- El líquido se descargará a altas velocidades en relación a la atmósfera circundante. La diferencia en velocidades entre el líquido y el aire atmosférico llevará al líquido a dispersarse en gotas finas.

- El líquido se descargará sobre una superficie fija, que en el impacto rompe la corriente de fluido en gotas pequeñas.

- Dos corrientes de líquido de composición similar colisionan una contra otra, produciéndose gotas muy finas como resultado del choque.

- El líquido pasa al estado de pequeñas gotas por la acción de atomizadores ultrasónicos o electrostáticos.

- El líquido se calienta por encima de su punto de ebullición en un depósito presurizado y liberado súbitamente a la atmósfera.

b) Los sistemas de doble fluido necesitan dos redes de tuberías que lleguen hasta cada boquilla. Una de ellas conduce el agente extintor, y la otra, el agente atomizador. El sistema atomizador consiste en exponer el



agente extintor (a velocidad lenta) a la corriente a alta velocidad del agente atomizador o dentro de las boquillas por donde va a ser descargado.

### Composición

Un sistema de agua nebulizada está formado por, al menos, los siguientes elementos:

- Un dispositivo capaz de producir alta presión; generalmente, bombas hidráulicas accionadas por corriente eléctrica, apoyadas, para casos de falta de corriente, con botellas de nitrógeno o de aire comprimido a presiones de 150-200 bar (Fig. 9).

- Un abastecimiento de agua; generalmente, un depósito de agua, pero en este caso el volumen del mismo puede ser del orden del 10 por ciento del empleado en sistemas rociadores convencionales.

- Una red de tuberías, de diámetros inferiores a las de los rociadores convencionales, pero mucho más resistentes dada la presión de trabajo del sistema.

- Unas boquillas de extinción (Fig. 10), que son en cierta manera la piedra clave del equipo, ya que es en ellas donde se produce la rotura de la

**FIGURA 10. Una pequeña muestra de boquillas de extinción por agua nebulizada. Los factores K son muy pequeños comparados con los rociadores convencionales. (Procedencia: Documentación FOGTEC. Cortesía de SVS)**



vena líquida y la producción de las gotas con el tamaño necesario (Fig. 11). Análogamente a los rociadores convencionales, hay boquillas de tipo

abierto o cerrado y también se caracterizan por su factor K, que en este caso corresponde a valores tan bajos como 0,65 e incluso 0,16.

**FIGURA 9. Batería de botellas de nitrógeno para equipos de extinción autónomos o de apoyo para caso de falta de corriente.**



### Distribución e identificación del tamaño de las gotas

Esta distribución se entiende como el porcentaje de volumen total de agua contenido en gotas de diferentes tamaños (Fig. 12). Bajo este concepto, el sistema se define por el Dvf (del inglés *Drop volume fraction*, porcentaje de volumen de gotas) y quiere decir que en un sistema con Dv 0,5, el 50 por ciento del volumen total del líquido está distribuido en gotas de un diámetro inferior al valor Dvf, y el otro 50 por ciento en gotas de un diámetro superior. Por ejemplo,  $Dv 0,8 < 350$  micras quiere decir que el 80 por ciento del volumen de agua descargada lo hace en forma de gotas de un diámetro inferior a las 350 micras.

De acuerdo con NFPA 750, estos sistemas están limitados a aquellos cuyo Dv 0,99 es menor de 1.000 micras, medido en un plano de un metro de la salida de la boquilla, trabajando a su mínima presión de diseño.

Se distinguen tres clases:

Clase 1. Aquellos cuyo Dv 0,90 es menor de 200 micras.

Clase 2. Aquellos cuyo Dv 0,90 es menor de 400 micras.

Clase 3. Aquellos que no son de clase 1 ni de clase 2.

## Aplicaciones

Los sistemas de agua nebulizada se utilizan principalmente para las siguientes aplicaciones:

### Control del incendio

Consiste en la limitación del crecimiento y propagación de un incendio, mojando los materiales combustibles adyacentes y controlando las temperaturas de los gases de combustión en el techo. Ésta es la típica aplicación para la sustitución de los sistemas de rociadores automáticos con grandes ventajas en muchas aplicaciones, como son: buques, hospitales, oficinas, etc., dada la limpieza y cantidad de agua empleada, así como la mayor eficacia del control del fuego por el agua nebulizada frente al agua en gotas de los rociadores convencionales.

*Extinción del incendio*

**FIGURA 11. Efecto de pulverización por choque de la vena de agua a alta presión en las toberas de la boquilla de extinción.**



La completa supresión del incendio hasta la desaparición total de materiales en combustión. Es la aplicación típica para la sustitución de los sistemas de extinción por gas (CO<sub>2</sub>, halón, gases inertes).

### Control del humo

Consiste en el control del humo mediante su enfriamiento. El humo es, en la inmensa mayoría de los incendios, el elemento más peligroso para el per-

sonal expuesto y el que causa daños irreversibles en enseres y equipos.

### Equipos portátiles de extinción de incendios

Sobrepasadas con éxito las etapas de crecimiento técnico, los sistemas de agua pulverizada que inicialmente han tenido su objetivo en grandes instalaciones fijas han empezado a ser empleados en aplicaciones particulares, algunas de ellas aparentemente poco relacionadas con sus objetivos iniciales, caso de los equipos portátiles (Fig. 13).

Estos equipos consisten en un grupo electrógeno y un depósito de agua, todo ello montado en un bastidor con ruedas que en estado de servicio pesa alrededor de 230 kg. La lanza portátil, basada en las boquillas de extinción de los sistemas fijos, tiene cinco posiciones fácilmente operables (Fig.

**FIGURA 12. Se emplean sofisticados equipos; en la foto, uno de efecto láser-doppler para determinar con gran precisión los pequeños tamaños de las gotas de agua. (Procedencia: Documentación FOGTEC. Cortesía de SVS).**



producir reacciones violentas o generar productos tóxicos y peligrosos.

Entre estos materiales se incluyen los metales reactivos, alcoholes o alcoholatos metálicos, haluros, hidruros, sulfuros, cianatos, etc.

### Seguridad para los ocupantes

Un aspecto de la máxima importancia en los sistemas que se utilizan en áreas normalmente ocupadas es el riesgo que pueda presentar para el personal que las ocupa.

La EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos estableció un programa de clasificación y aceptación de los nuevos agentes extintores que se utilizarán para la sustitución de los halones. Este programa se denomina SNAP (Significant New Alternatives Policy).

Para la aceptación de los sistemas de agua nebulizada en áreas normalmente ocupadas, la EPA constituyó un panel médico que estudiase los posibles riesgos que podría presentar para la salud de los ocupantes la inhalación de gotas de agua muy finas con el potencial de transportar productos de la combustión, etc.

Las conclusiones de dicho estudio han puesto en evidencia la falta de toxicidad próxima y remota de estos sistemas, habiendo sido aceptados los

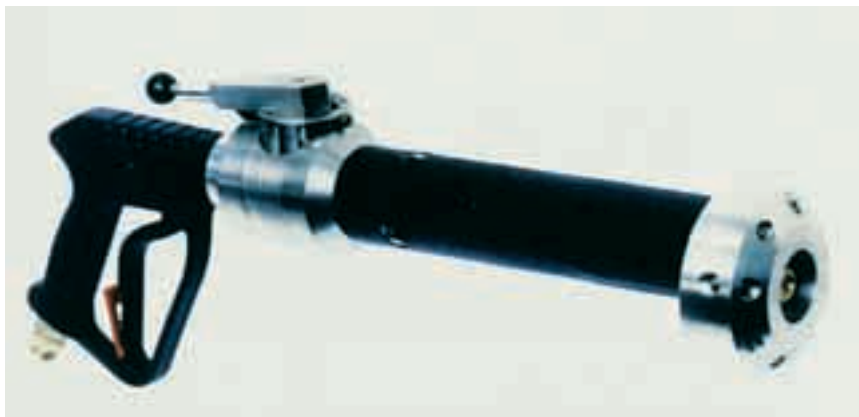
14) y que en los casos de niebla permite trabajar prácticamente en la vertical del fuego, ya que unas boquillas de la lanza tiran agua formando un escudo circular alrededor de la cabeza de la misma.

### Limitaciones

Estos sistemas no se pueden utilizar en aplicaciones directas sobre aquellos materiales que se combinan químicamente con el agua y pueden



**FIGURA 13. Lanza de agua pulverizada para BIE y unidad móvil.**  
(Procedencia: Documentación FOGTEC. Cortesía de SVS).



sistemas de agua nebulizada para áreas ocupadas, siempre que utilicen agua potable o agua de mar.

## CONCLUSIONES

– La experiencia obtenida con el gran número de sistemas, funcionando en toda clase de aplicaciones, per-

mite establecer que la capacidad de detectar de forma rápida y fiable el sobrecalentamiento de materiales combustibles, consiguiendo una acción correctiva mucho antes de que se produzca su ignición, constituye una estrategia de primera línea defensiva.

– Es probable que unos 200.000 sistemas de detección por aspiración estén instalados, proporcionando una

**FIGURA 14. Las distintas posiciones de salida de la lanza permiten un gran número de posibilidades en la lucha contra el fuego.** (Procedencia: Documentación FOGTEC. Cortesía de SVS).



inestimable protección con un mínimo mantenimiento universal. Su uso continuará y seguirá aumentando en el siglo XXI.

– Con independencia de que los sistemas de agua nebulizada hayan sido promovidos por el cese de la fabricación de los halones, la realidad demuestra que estos sistemas resuelven de forma eficaz, económica y fia-

La aspiración por alta sensibilidad se ha empezado a utilizar en seguridad y salud laboral para detección de gases en ambiente, habiendo equipos en la actualidad que controlan hasta cuatro gases diferentes. El funcionamiento es similar al de la detección de incendios. Los equipos permiten muestrear hasta 32 puntos distintos, indicando de modo independiente el nivel existente de gas entre el 0 y el 100 por ciento.

ble la extinción de incendios que se hacía con halón o con otros sistemas de gas.

– Todavía estamos en los inicios de las aplicaciones de estos sistemas de extinción, por razones de eficacia, precio y ecología, el agua se verá potenciada en extinción de incendios empleando todo tipo de nuevas tecnologías.

## BIBLIOGRAFÍA

1. SANTOS, GABRIEL: «Sistemas de extinción por agua nebulizada». *Prevención de Incendios*. Núms. 3 (4º noviembre de 1999) y 4 (primer trimestre de 2000).
2. *Panorámica sobre la situación actual de los halones*. Formación de Seguridad, junio 1995.
3. NICHOLS, T. R.: «Aspirating Smoke Detection Techniques», *International Fire and Security Product News*, septiembre 1998.
4. *Code of practice for Category I Aspirating Detection Systems*, BFPSA, 1996.
5. *Aspirating Smoke Detection. A brief guide for the Designer*. Airsense Technology Ltd., 1999.
6. SHIELDS, T. J. y SILCOCK, G. W. H.: *Fire Detection. Chapter of Buildings and Fire*, Logman Scientific & Technical, 1987.
7. Norma NFPA 750. *Standard for the Installation of Water Mist Fire protection Systems*.
8. Norma BS 5839. *Fire Detection and Alarm Systems for Building*.
9. Norma BS 6266. *Fire protection for electronic data processing installations*.
10. *Fixed firefighting systems. Water mist systems. Design and installation*. Borrador de proyecto de norma del CEN/TC 191/WG 5, marzo 2000.
11. *Documentación de proveedores de equipos de detección por aspiración*, AirSense, Icam, Vesda.
12. *Documentación de proveedores de equipos de extinción por agua nebulizada*, Fogtec, Marioff.