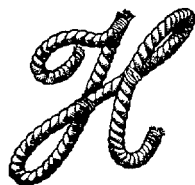


# EL AGUA NEBULIZADA COMO AGENTE EXTINTOR

Luis CRUZ PENA

## Introducción



ASTA ahora la protección de las cámaras con mayor riesgo de incendio a bordo de los buques (máquinas principales, auxiliares, generadores, etc.) estaba basada en la utilización de distintos sistemas de instalaciones fijas que, accionadas manual o automáticamente, descargaban a través de boquillas, en la zona afectada, agua, mezclas de agua y espuma o gases. Los sistemas más utilizados son:

- Sistemas de halón.
- Sistemas de CO<sub>2</sub>.
- Sistemas de espuma.
- Sistemas de agua.

Cada uno de ellos ofrece ventajas e inconvenientes conocidos, que han obligado en algunos casos a la prohibición de su utilización (ejemplo, el halón). Otros se siguen utilizando a pesar de los riesgos que implican para las personas (CO<sub>2</sub>).

Para paliar las desventajas de los sistemas convencionales han aparecido en el mercado los sistemas de agua nebulizada, que reúnen todas las ventajas y ninguno de los inconvenientes de los citados anteriormente.

## Antecedentes

Los primeros ensayos y experiencias de utilización de sistemas de agua nebulizada (*Water Mist*) para la protección contra incendios se realizaron en la década de los años 40 al 50, a fin de estudiar su aplicación en buques de pasajeros, consiguiéndose resultados satisfactorios a pesar de las limitaciones de la tecnología de la época.

Durante los años 60 y 70 se realizó una intensa actividad I + D, con lo que se consiguieron mejoras sustanciales tanto en los sistemas, equipos y componentes, como en la capacidad de extinción. Sin embargo la existencia en el mercado de equipos de uso naval, ya suficientemente probados y certificados, que utilizaban gases y/o agua como agente extintor (CO<sub>2</sub>, halón, etc.), condicionó el uso del agua nebulizada.

En 1985 y como consecuencia de un grave accidente aéreo (Manchester, UK) en el que la mayoría de las muertes se produjeron por el incendio del combustible derramado, la Civil Aviation Administration (CAA, UK) y la Federal Aviation Administration (FAA, USA), con la colaboración de distintos fabricantes, desarrollaron un completo programa de investigación en la Fire Research Station (UK). El objetivo prioritario era estudiar el comportamiento de diferentes agentes extintores para conseguir el control de un incendio producido por el derrame de combustible. Los resultados de la utilización de equipos de agua nebulizada fueron un éxito, conteniendo y controlando el incendio en un tiempo que se consideró adecuado para una eficaz evacuación de gran parte de los posibles pasajeros.

Sin embargo, el gran impulso a la investigación y desarrollo de los sistemas de agua nebulizada no se produce hasta la firma en 1987 del Protocolo de Montreal, en el que se fijan plazos inexcusables para la desaparición del halón como agente extintor debido a su negativa influencia en el medio ambiente.

La protección de salas de máquinas, salas de generadores, sentinas, etc, con sistemas de inundación fijos, al principio con CO<sub>2</sub> y después con halón 1301, estaba plenamente reglamentada y probada, y era aceptada universalmente. Como la desaparición del halón implicaba, en cierto modo, la vuelta al CO<sub>2</sub>, se incrementaron la pruebas y ensayos de otros agentes extintores de similar eficacia, cuyo uso no entrañara el peligro para las personas que supone la utilización del CO<sub>2</sub>. Entre esos agentes destaca el agua nebulizada.

Desde 1990 la International Maritime Organisation (IMO) ha fomentado programas de pruebas y aceptación de sistemas de agua nebulizada para su utilización en los buques. A día de hoy estos programas han dado resultados altamente satisfactorios y los sistemas contraincendios por agua nebulizada, ya aprobados y certificados por las más importantes compañías de clasificación, Norske Veritas, Lloyd Register, Bureau Veritas, American Bureau, etc, están siendo masivamente instalados en todo tipo de buques, tanto para protección de salas de máquinas, generadores, sentinas, etc., como de las zonas de habitabilidad.

Siguiendo los pasos de IMO, la National Fire Protection Association (NFPA) constituye en 1993 el Comité Técnico sobre Sistemas de Agua Nebulizada (Water Mist). Este comité evaluó durante tres años las ventajas y desventajas del uso del agua nebulizada, publicando en mayo de 1996 el Standard of Water Mist Fire Suppression Systems NFPA 750, revisada en la reunión del 14 al 17 de noviembre de 1999 y aprobada en su redacción definitiva el 11 de febrero de 2000, siendo actualmente la normativa más completa que existe en lo referente a sistemas de agua nebulizada.

### **Mecanismo de extinción del agua nebulizada**

El agua nebulizada se define en el Standard NFPA 750 como aquélla en la que al menos el 99 por 100 del volumen de agua utilizado se aplica en gotas de tamaño inferior a 1.000 micras (1 mm).

Los sistemas de producción de agua nebulizada emplean como impulsores del agua bombas eléctricas, bombas neumáticas, aire u otro gas a presión almacenado en cilindros.

De acuerdo con las presiones generadas por los impulsores, se clasifican los sistemas en las tres categorías siguientes:

- Sistemas de baja presión; menor o igual a 12 bar.
- Sistemas de media presión; mayor de 12 y menor de 33 bar.
- Sistemas de alta presión; mayor de 33 bar.

Dentro de estas categorías los equipos más utilizados, actualmente, en el diseño de los sistemas son los de alta presión, comercializados con la marca registrada HI-FOG, ya que cuentan con el mayor número de pruebas, aprobaciones y certificaciones, tanto de laboratorios de ensayos como de entidades de clasificación.

La descarga y nebulización del agua se realiza mediante boquillas de diseño especial (ver fig. 1) en las que la energía dinámica de impulsión se transfiere a las gotas de agua nebulizada que se producen después de las boquillas en forma de energía cinética, lo que confiere a éstas una alta velocidad.

En la evaluación de la cantidad de movimiento, parámetro que define la capacidad de penetración en el núcleo de gases calientes que producen las llamas, la alta velocidad de las microgotas compensa su pequeña masa, garantizando así que la niebla formada penetre en el corazón mismo del fuego.

Las gotas microscópicas se difunden en la atmósfera del recinto donde se ha producido la descarga, formando una espesa niebla, con lo que se incrementa notablemente la superficie de captación de calor. Parte de las gotas, las que están en contacto directo con el fuego, se transforman en vapor, absorbiendo para ello una cantidad de calor equivalente a 540 calorías/gramo y

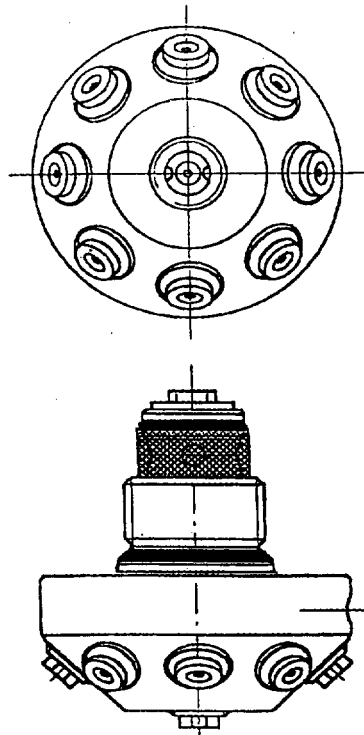


Fig. 1.—Boquilla nebulizadora.  
(Cortesía de Mariof).

desplazando, por expansión, el oxígeno del entorno del fuego en una cantidad equivalente a la del agua evaporada (el agua aumenta más de dos mil veces su volumen cuando se evapora). El vapor producido se eleva, dejando paso a nuevas gotas frías, que retiran más calor del foco caliente, creándose una corriente de convección, gotas evaporadas que suben y gotas frías que descienden, con lo que se consigue una continua refrigeración de la zona afectada y una reducción importante del oxígeno presente en el entorno del fuego. Es decir, se enfría la combustión, dejando de producir vapores inflamables y se reduce el oxígeno impidiendo que siga la reacción en cadena, lo que provoca la total extinción del incendio.

Es de destacar, como ventaja muy importante, el hecho de que el desplazamiento del oxígeno se limita al entorno del fuego, que es donde el agua nebulizada se evapora, sin que en el resto del recinto se aprecie una disminución importante del mismo. En ensayos reales de laboratorio los niveles de oxígeno permanecieron por encima del 17 por 100, lo que hace que la atmósfera no resulte asfixiante.

Por otro lado, las gotas microscópicas de agua, mientras no entran en contacto con el fuego, quedan suspendidas en la atmósfera del recinto formando una niebla fría que reduce la transmisión de calor e impide la combustión de materiales inflamables cercanos al lugar del incendio.

En resumen: en los sistemas de agua nebulizada actúan conjuntamente tres efectos principales, enfriamiento, sofocación y atenuación del calor radiante, con lo que se eliminan dos de los lados del llamado Triángulo de Fuego.

La aplicación de estos sistemas permite el control y extinción de todo tipo de incendios producidos por combustibles sólidos o líquidos. Una ventaja importante añadida a las anteriormente indicadas es la de la precipitación de las partículas sólidas del humo producido por la combustión. Las gotas de agua microscópicas presentes en la atmósfera se adhieren a estas partículas haciéndolas aumentar de peso y precipitándolas al suelo, lo que permite el acceso o permanencia en la zona afectada, una vez iniciada la descarga de agua nebulizada, sin necesidad de protección respiratoria.

## **Aceptación y ventajas del agua nebulizada**

Desde hace años ningún nuevo producto o nueva tecnología en el campo de la protección contraincendios tiene la menor posibilidad de ser aplicada si previamente no ha sido probado, aprobado y certificado por laboratorios de ensayos y entidades de clasificación de reconocido prestigio.

Los sistemas de agua nebulizada han sido sometidos a un elevadísimo número de ensayos y pruebas tanto en sus aplicaciones industriales como navales.

Entre las aprobaciones figuran las de Factory Mutual Underwinter Laboratories, VTT, SPP, FRS, etc. Entre las certificaciones, las de la mayoría de las

entidades de clasificación de buques, Norske Veritas, Lloyd Register, Bureau Veritas, etc.

El grado de fiabilidad que estas pruebas y ensayos han concedido a la utilización de los sistemas de agua nebulizada a bordo se manifiesta en el hecho de que hoy existan más de 500 buques mercantes y de pasajeros, así como varios buques de la Armada española, con protección contraincendios en salas de máquinas, sentinas, generadores, habitabilidad, etc., basada en sistemas de agua nebulizada que de una manera espectacular están sustituyendo a los sistemas hasta ahora tradicionales (halón, CO<sub>2</sub>, agua, etc.).

Todo ello es debido a las indudables ventajas que se derivan del uso de este sistema y entre las que destacamos:

- Agente extintor: pequeñas cantidades de agua (coste mínimo).
- No daña el medio ambiente.
- No es conductor de la electricidad.
- Eficacia probada en fuegos de clases A, B y C.
- Inocuidad para las personas y los equipos (aprobación EPA 28/07/95).
- Daños por agua muy reducidos.
- Enfriamiento drástico de la temperatura del recinto.
- Mantenimiento del nivel de oxígeno.
- Lava y decanta las partículas de humo y gases tóxicos.

## Diseño de los sistemas

El Standard NFPA 750 regula únicamente la metodología a aplicar para la aceptación de los sistemas, «no estableciendo criterios técnicos de diseño, como por ejemplo se hace en los Standards NFPA 12 Normas sobre Sistemas de Extinción por dióxido de carbono y NFPA 13 Normas sobre la instalación de Sistemas de Rociadores». La normativa existente en SOLAS-IMO, circulares MSC 913 y MSC 668, hace referencia a la pruebas y ensayos de aceptación de los sistemas y proporcionan recomendaciones generales sobre la instalación y el mantenimiento de los mismos. Por ello todos los diseños de los sistemas actualmente instalados, tanto en tierra como en buques, han sido realizados bajo los criterios técnicos de ingenierías, oficinas técnicas y fabricantes de equipos especializados en este campo, y se adaptan cada uno de ellos a la instalación del buque que se quiere proteger.

Los sistemas de agua nebulizada se caracterizan por su efectividad con un pequeño consumo de agua. Normalmente las densidades de descarga recomendadas para otros sistemas que utilizan boquillas convencionales se sitúan como mínimo en 5 l/min/m<sup>2</sup> de agua. En el caso de los sistemas de agua nebulizada esta densidad oscila entre 0,6 l/min/m<sup>2</sup> y 3 l/min/m<sup>2</sup>, dependiendo de la capacidad y el riesgo de la cámara a proteger.

Fijados estos parámetros, el diseño se limita a calcular los caudales necesarios, los diámetros de los colectores y los ramales de tuberías, la potencia de los motores, la presión necesaria en la descarga de las bombas, el número y capacidad de las botellas de aire u otro gas a presión, el número de boquillas, etc.

Como ejemplo ilustrativo del diseño de una instalación de agua nebulizada describimos a continuación el que la Storkenci, S. L. realizó para los cazaminas de la serie *Segura* de la Armada española (ver fig. 2) y que fue verificado y aprobado por DNV (Det Norske Veritas) especialmente para estos buques, destacando el hecho de que es la primera instalación de este tipo a bordo de buques de guerra.

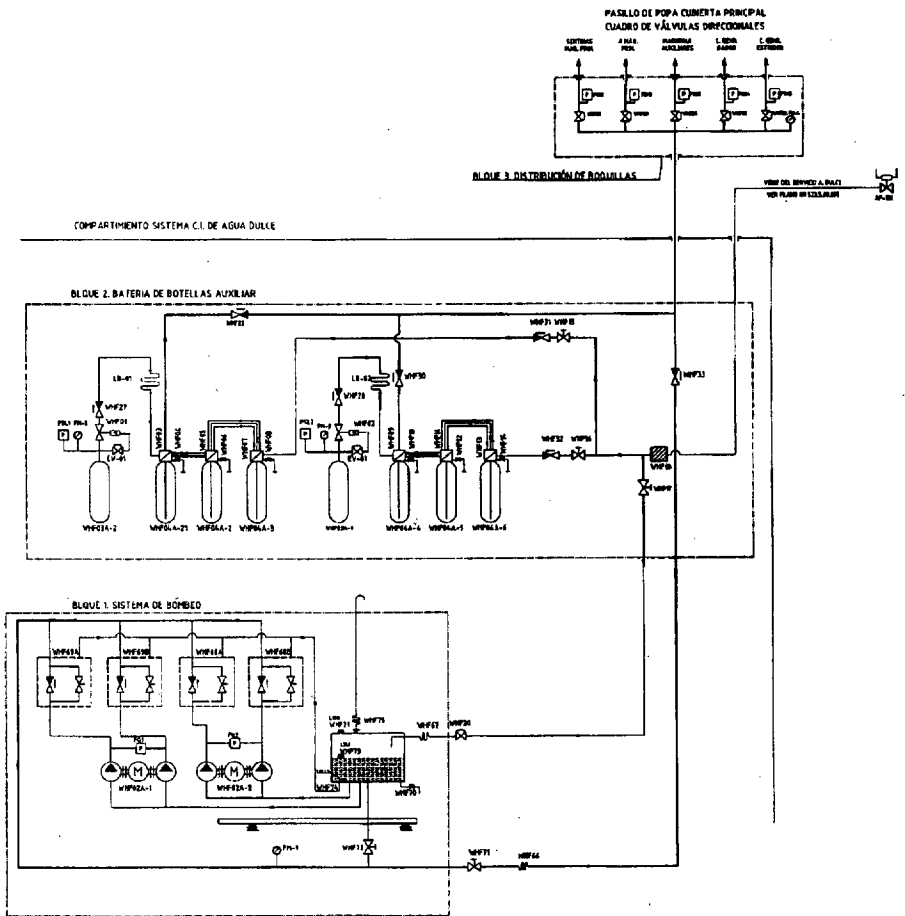


Fig. 2.—Esquema general del sistema.

Para el diseño del sistema contraincendios de las cámaras de máquinas principal, sentinas, auxiliar y de generadores de los buques cazaminas serie *Segura*, que IZAR Cartagena construyó para la Armada española, se tuvieron en cuenta las dimensiones de las cámaras y el tipo de equipos instalados en cada una, fijándose la densidad de descarga para todas ellas en 0,6 l/min/m<sup>2</sup>.

A partir de aquí y siguiendo los criterios antes expuestos se definieron los tipos de boquillas, el caudal y la presión de agua necesaria.

El sistema de agua nebulizada instalado en los cazaminas funciona a alta presión entre 70 y 180 bar y está constituido por los siguientes equipos.

- Un grupo de motores y bombas (bloque 1).
- Dos baterías de botellas para descarga con nitrógeno (bloque 2).
- Cinco válvulas direccionales (bloque 3).
- Cuadro de control central y cuadro de control local.
- Instrumentación: Interruptores de nivel máximo y mínimo. Presostatos. Manómetros.

El control del sistema se realiza desde un cuadro de control central en el que está instalado un PLC (Computador Lógico Programable) que secuencia todas las operaciones y desde los cuadros de control locales situados en los accesos a cada una de las cámaras. Desde cualquiera de ellos se puede activar el sistema mediante pulsadores de disparo. También puede hacerse, en caso de fallo o avería de los cuadros, con tiradores manuales, situados en el pasillo de popa de la cubierta principal, que actúan sobre las válvulas de descarga de las botellas de nitrógeno.

En el cuadro de control central se integran todas las señales de alarma y señalización del sistema, tales como indicación de presión de descarga correcta, indicación de paso de agua presurizada a las boquillas, disparo del grupo de bombeo, disparo de las botellas auxiliares, válvulas direccionales abiertas o cerradas, alarmas de fallos, etc.

En los cuadros de control local, uno en el acceso a la cámara de máquinas principal y otro en el acceso a cámara de máquinas auxiliar, se integran las señales y alarmas procedentes de los subsistemas que descargan en cada una de ellas.

Se considera como sistema principal de extinción el grupo de motores y bombas, siendo la batería de botellas una reserva de emergencia en caso de fallo de corriente. Para un hipotético caso de fallo en las botellas de nitrógeno, está previsto el disparo utilizando aire de alta presión procedente de las botellas de los equipos de buceo del buque. La recarga de las botellas de agua se hace desde la red de agua potable del buque.

A partir de la aprobación del diseño se desarrolló la ingeniería de detalle, con la colaboración inestimable de los técnicos de Izar y de los oficiales de la ICO de Cartagena.

Los equipos principales fueron fabricados y montados en España. Las

boquillas y válvulas fueron suministradas por Mariof (Finlandia), líder mundial en equipos para sistemas de agua nebulizada.

Actualmente los cuatro cazaminas de la Armada española, *Segura*, *Sella*, *Turia* y *Tambre*, navegan con sistemas de agua nebulizada a alta presión instalados y probados satisfactoriamente, siendo los primeros buques de una marina de guerra en el mundo con este tipo de instalación.

La experiencia conseguida ha propiciado que Izar Cartagena nos encargara el diseño de un sistema para la protección de la cámara de generadores de los submarinos tipo *Scorpene* que Izar y la DCN francesa (Contrucción Naval Defensa) construyen para la Armada chilena. El diseño ha sido aprobado por las dos empresas y actualmente se está trabajando en la ingeniería de detalle.

## Conclusión

Podemos afirmar que actualmente los sistemas de agua nebulizada, especialmente los de alta presión, están llamados a sustituir con éxito a los sistemas de extinción de incendios por medio de gases (halón, CO<sub>2</sub>...) debido fundamentalmente a las ventajas siguientes:

- Son inocuos para el personal y para los materiales.
- No dañan el medio ambiente.
- El agente extintor es barato (agua).
- Es de fácil instalación y de mantenimiento reducido.
- Se ha demostrado que son eficaces.

