

## Artículo Técnico

### Sistemas de Espuma – Baja Expansión, Media Expansión, Alta Expansión

*Martin Workman, Director de Producto*  
División de Riesgos Especiales

Marzo de 2006

**ÍNDICE**

EXPANSIÓN DE LA ESPUMA, DEFINICION.....	3
COMBUSTIBLES O PRODUCTOS QUÍMICOS.....	3
CONCENTRADOS DE ESPUMA.....	3
ESTÁNDARES NFPA.....	5
NPFA 11, ESTÁNDAR PARA BAJA, MEDIA Y ALTA EXPANSIÓN.....	5
NPFA 11, DISEÑO DE SISTEMAS DE BAJA EXPANSIÓN.....	8
NPFA 11, DISEÑO DE SISTEMAS DE MEDIA Y ALTA EXPANSIÓN.....	9
NFPA 13.....	11
NFPA 16.....	11
NFPA 30.....	12
NFPA 409.....	13
NFPA 418.....	17
CALIDAD DE LA ESPUMA.....	17
ESPUMA POR AIRE COMPRIMIDO.....	18
CONCLUSIÓN.....	20

### **EXPANSIÓN DE LA ESPUMA. DEFINICIÓN**

La expansión de la espuma se define como, la relación entre el volumen final de la espuma y el volumen inicial de la mezcla antes de aplicársele el aire. La expansión puede ser Baja-expansión cuando esta relación es de 1 a 20 veces, Media-expansión con relaciones de 20 a 200 veces, y Alta-expansión cuando se expanden de 200 a 2000 veces más que el volumen inicial.

Cada espuma es adecuada para un tipo de protección específica. Las espumas de Baja-expansión poseen la característica de desplazarse bien sobre superficies líquidas. Las espumas de Media-expansión se utilizan para la supresión de vapores o humos tóxicos. La espuma de Alta-expansión es la más adecuada para fuegos tridimensionales, pero también se utiliza para apagar fuegos producidos por líquidos derramados.

### **LÍQUIDOS O PRODUCTOS QUÍMICOS COMBUSTIBLES**

La sección NPFA 30, Líquidos Combustibles y Líquidos Inflamables y Combustibles, divide los líquidos combustibles y productos químicos en diferentes categorías dependiendo de su facilidad para formar vapores inflamables. Los líquidos inflamables se clasifican como Clase 1 A, 1B o 1 C. Los líquidos combustibles se designan como Clase II, Clase IIIA, o Clase IIIB. La protección de los líquidos Clase 1 A queda fuera de la normativa NFPA 30, ya que considera que los líquidos inflamables 1 A no pueden protegerse mediante sistemas fijos.

Más allá de la clasificación de los combustibles o productos químicos como inflamables o combustibles, es importante considerar su capacidad para mezclarse con el agua (miscibilidad). Los líquidos no miscibles, los que no se mezclan fácilmente con el agua, son llamados hidrocarburos. Si el líquido o producto químico no es miscible, puede aplicarse espuma AFFF para su extinción. Si el líquido o producto es miscible, debe usarse espuma AFFF, formadora de película anti-alcohol.

Las espumas de alta-expansión sólo pueden usarse para la protección de líquidos no miscibles, o los fuegos Clase A.

### **CONCENTRADOS DE ESPUMA (ESPUMÓGENOS)**

Los espumógenos se mezclan con el agua para formar una solución de espuma. Los espumógenos se diseñan específicamente para el tipo de fuego a extinguir, o para el equipo de mezcla (proporcionador) y equipo de descarga con el que será aplicada la espuma.

Existen dos tipos de espumógenos sintéticos de Baja-expansión: AFFF estándar (Espuma Acuosa Formadora de Película). Las espumas AFFF son listadas de acuerdo al porcentaje que hay que añadir al agua para extinguir combustibles hidrocarburos (no miscibles). Las proporciones listadas son el 1%, 3% y el 6%. El porcentaje indica cuanto espumógeno se ha de añadir al agua para formar la solución, 1 parte de concentrado en 99 partes de agua para el 1% AFFF y así sucesivamente.

Los espumógenos AFFF al 1% son los más concentrados, por lo que se utilizan generalmente cuando hay poco espacio para su almacenamiento o cuando ofrece ventajas de coste frente al espumógeno AFFF al 3%. La espuma AFFF al 3% es el rango estándar de la industria para sistemas fijos y se presentan en dos tipos, uno de calidad comercial y otro con especificaciones militares. El espumógeno AFFF al 3% de grado militar es de mayor calidad y debe ser usado por el ejército americano. Su característica principal es, la de ser compatible para poder mezclarse entre si los de cualquier fabricante. Los espumógenos al 6% no suelen aplicarse desde sistemas fijos por la escasez de equipos de proyección listados, normalmente son utilizados por el cuerpo de bomberos municipal quienes lo descargan mediante mangueras.

Las espumas AR-AFFF son especiales, ya que están diseñadas no sólo para extinguir hidrocarburos, sino que también son aptas para su aplicación sobre combustibles o productos químicos miscibles. Las espumas AR-AFFF se presentan bajo varias descripciones, como; ARC, ATC, concentraciones estándar al 1 x 3, 1 x 6, 3 x 3, 3 x 6 y Espuma Universal. Los números de las concentraciones indican, el primero para su uso en hidrocarburos y el segundo cuando se usa sobre solventes polares y productos miscibles. Los acrónimos significan lo siguiente:

RC – Concentrado Resistente al Alcohol  
ATC - Concentrado Tipo Alcohol  
1 x 3 - 1% en líquidos no miscibles. 3% en líquidos miscibles  
1 x 6 - 1% en líquidos no miscibles. 6% en líquidos miscibles  
3 x 3 - 3% en líquidos no miscibles. 3% en líquidos miscibles  
3 x 6 - 3% en líquidos no miscibles. 6% en líquidos miscibles



**Figura 1:** Sistema Fijo con  
Tanque de Membrana y  
Válvula de diluvio.

La concentración al 3% AFFF (3 x 3) es la que más aprobaciones tiene para su uso con proporcionadores fijos, rociadores, y otros dispositivos fijos de descarga.

La espuma de Media-expansión usa un espumógeno de de baja expansión resistente al alcohol y lo descarga a través de un dispositivo de Media-expansión a fin de crear un mayor volumen de espuma.

Los espumógenos de Alta-expansión son específicos de cada fabricante y sólo pueden aplicarse mediante los equipos de descarga específicos de mismo fabricante. Estos espumógenos están disponibles en concentraciones al 1.5%, 2%, 2.5% y 2,75%. y no pueden mezclarse. Cada espumógeno de Alta-expansión debe ser aplicado, solamente, en combinación con el equipo de mezcla y proyección adecuado.

**ESTÁNDARES NFPA**

Los sistemas de espuma se homologan mediante varios estándares NFPA. Muchas veces los estándares NFPA se hacen referencias entre sí, a fin de proporcionar más información. La parte que puede crear más confusión es saber qué estándar es aplicable y cual tiene prioridad. Algunos estándares NFPA son bastante obvios, como el NFPA 409, que es el Estándar para Hangares de Aeronaves. Otros, tales como el NFPA 30, Código de Líquidos y Inflamables y Combustibles, parecen de uso general, y sin embargo está restringido para almacenamientos de estos líquidos en recintos. El estándar más general es el NFPA 11, ya que es el Estándar para Espuma de Baja-, Media-, y Alta-Expansión.

A continuación describiremos brevemente varios estándares, y donde estos son de aplicación.

**NFPA 11. ESTÁNDAR PARA ESPUMA DE BAJA-MEDIA-, Y ALTA-EXPANSIÓN**

En ediciones pasadas de la NFPA 11, este estándar solamente concernía a la espuma de Baja-expansión, siendo el estándar NFPA 11A quien cubría las espumas de Media-expansión y Alta-expansión. La edición NFPA 11 de 2002 las unificó en un único documento, ya que las tres espumas requieren sistemas similares.

NFPA 11 no da por sentado que todos los sistemas instalados son fijos o son automáticos. La descripción de sistema fijo para la NFPA 11 es como sigue: “Una instalación completa en la cual la espuma es conducida por tuberías desde una central de incendios, descargada por medios fijos sobre el riesgo a proteger, donde sean requeridas bombas, estas estarán instaladas permanentemente.” Esta definición se corresponde con la idea que todos tenemos cuando hablamos de un sistema de espuma.



**Figura 2:** *Ejemplo de Sistema Móvil de Espuma. Foto Cortesía: Kidde Fire Fighting*



**Figura 3:** Ejemplo de Sistema Móvil de Espuma. Foto Cortesía: Kidde Fire Fighting

Un sistema móvil es descrito como: “Cualquier tipo de unidad productora de espuma, que se encuentra montado sobre ruedas y es autopropulsado, o remolcado por un vehículo y puede conectarse a un suministro de agua, o utiliza una solución premezclada”. En general esta descripción respondería a la de un coche de bomberos. La NFPA 11 también contempla otras instalaciones especializadas, que montadas en un remolque pueden descargar la espuma que le es suministrada desde fuera, o puede producir y descargar la espuma cuando se conecta a un suministro de agua. Las unidades típicas de este tipo son remolques con monitores de espuma que pueden o no disponer de dispositivos proporcionadores como parte del remolque.



**Figura 4:** Ejemplo de Sistema Móvil de Espuma. Foto Cortesía: Kidde Fire Fighting

Un sistema portátil se define como: “Un equipo productor de espuma, materiales, mangueras, etc. que se transporta a mano”. Típicamente son mangueras, eductores (proporcionadores portátiles), lanzas o boquillas de descarga.



**Figura 5:** Ejemplo de Sistema Portátil de Espuma. Foto Cortesía: Kidde Fire Fighting

Los sistemas semi-fijos se identifican como: “Un sistema donde el riesgo a proteger está equipado con un sistema fijo de puntos de descarga, conectados a una tubería que termina a una distancia segura.” Estos sistemas combinan una parte fija y una móvil. Los dispositivos de descarga están montados de forma permanente, conectados por tubería hasta un punto, fuera de la zona de riesgo donde es alimentada por un vehículo o una manguera desde un hidrante. Si bien los dispositivos de descarga están montados de forma permanente, el suministro de espuma no lo está.



**Figura 6:** Sistema Manual de Descarga de Espuma de Baja-expansión mediante Manguera. Foto Cortesía Kidde Fire Fighting

Los sistemas pueden activarse manual o automáticamente. En el caso de sistemas portátiles, móviles o semi-portátiles, la activación será manual. En el caso de sistemas fijos, existe la opción de operación manual o automática. En el caso de sistemas de activación automática, debe ser posible también la activación manual. Los sistemas de activación manual, están sujetos a aprobación por parte de la autoridad competente.

La descripción de los sistemas y sus medios de activación, descritos en la NPFA 11 son aplicables a los tres tipos de espuma Baja-, Media, y Alta-expansión.

**NPFA 11 – DISEÑO DE SISTEMAS DE ESPUMA DE BAJA-EXPANSIÓN**

Los requisitos de diseño prescritos en el Capítulo 5 de NPFA 11 para espuma de Baja-expansión, tienen que ver con grandes almacenamientos de combustible y otros productos químicos líquidos, y los tanques que los contienen, también con el sector de incendio. Los grandes tanques, con superficies mayores de 400 pies cuadrados (37,16m<sup>2</sup>), tanto de techo fijo o flotante son considerados en la NPFA 11.

Algunas opciones para la protección de de tanques de combustible pueden incluir la aplicación de verted-eras, cámaras de espuma, monitores o boquillas fijas. Las densidades de diseño indicadas en la norma NPFA 11, lo son para hidrocarburos o combustibles no miscibles y son específicas para el tipo de dispositivo de descarga utilizado. En el caso de tratarse de líquidos miscibles, deberán utilizarse los espumógenos y dispositivos de descarga específicos para el combustible de que se trate.

Un deslizador de espuma, consiste en un tubo o superficie inclinada, sobre la que se vierte la espuma para que se deposite sobre la superficie del líquido. La cámara de espuma está montada en el exterior del tanque con su deflector orientado hacia el interior. La espuma expandida se proyecta sobre el deflector, el cual la dirige sobre el interior donde cae sobre la superficie, distribuyéndose por ella.

Existen cerramientos perimetrales (cubetos), que consisten en muros de contención construidos alrededor del conjunto de tanques a fin de obstruir el paso del líquido que pueda derramarse por la rotura de cualquier tanque, confinándolo dentro de la zona protegida. Cuando se derrama combustible en el cubeto, el riesgo aumenta si existen otros tanques. Los cubetos normalmente se protegen mediante formadores de espuma, monitores o mangueras manuales. La distancia entre formadores de espuma viene determinada por el flujo a que operan. Las densidades de diseño indicadas, para cubetos, en la norma NPFA 11 lo son para hidrocarburos o combustibles no miscibles y son específicas para el tipo de dispositivo de descarga utilizado. En el caso de tratarse de líquidos miscibles, deberán utilizarse los espumógenos y dispositivos de descarga específicos para el combustible de que se trate.



**Figura 7:** *Alfombra de Espuma  
extendiéndose por el Cubeto*

La norma NFPA 11, también proporciona información para la carga de de camiones y vagones cisterna. Los dos métodos ofrecidos son, rociadores de espuma-agua o monitores de espuma. En el caso de los rociadores agua-espuma, la NFPA 11 nos remite al criterio de diseño expuesto en la norma NFPA 16. En la protección mediante monitores, el área de aplicación debe incluir la cubierta, las bombas, los equipos de medida, los vehículos, así como cualquier otro elemento asociado con la carga o descarga. En esencia, toda la zona de la instalación debe protegerse. Para estos cargaderos de líquidos inflamables o combustibles, las densidades de diseño indicadas en la norma NPFA 11, lo son para hidrocarburos o combustibles



no miscibles y son específicas para el tipo de dispositivo de descarga utilizado. En el caso de tratarse de líquidos miscibles, deberán utilizarse los espumógenos y dispositivos de descarga específicos para el combustible de que se trate.

La duración requerida de aplicación de espumógeno de Baja-expansión, se mide en minutos. Esta duración varía dependiendo del tipo de riesgo y de la miscibilidad del combustible, especificándose en la NFPA 11 capítulo 5, tiempos entre 10 y 65 minutos.

### **NPFA 11 – DISEÑO DE SISTEMAS DE ESPUMA DE MEDIA Y ALTA-EXPANSIÓN**

Si en el Capítulo 5 de la NFPA 11 se discutía la protección de riesgos concretos con espuma de Baja-expansión, el Capítulo 6 de la NFPA 11, trata de los criterios de protección y/o uso de las espumas de Media y Alta-expansión.

Las espumas de Baja-expansión tienen una consistencia más bien líquida y se pretende que cubran superficies líquidas bidimensionales. Las espumas de Media y Alta-expansión están diseñadas para llenar un volumen tridimensional.

La espuma de Media-expansión no es tratada específicamente en el Capítulo 6 de la NFPA 11. Cualquier sistema diseñado con espuma de Media-expansión, responde solamente a las pruebas de su fabricante. La espuma de Alta-expansión es una composición de burbujas secas, llenas de aire. La estructura de la espuma de Alta-expansión, resulta ser fácilmente reducida en volumen, al contacto con agua nebulizada, rociada o descargada por medio de rociadores. A la hora de determinar el volumen de espuma requerido en una instalación de espuma de Alta-expansión, debe conocerse si van a existir también rociadores, o no. Cuando haya rociadores instalados, debe calcularse una cantidad mayor de espuma, para compensar por la descomposición de la espuma, en el caso de que se activasen los rociadores. En este caso, el valor  $R_s$  es utilizado en los cálculos para determinar la descarga en pies o metros cúbicos por minuto.

Para determinar la cantidad de espuma expandida por unidad de superficie, el volumen a inundar se divide por el tiempo de inundación en minutos. A este volumen por minuto, se añade la pérdida por descargas de rociadores, esta suma se multiplica por el factor de aplastamiento, después se multiplica por un factor de compensación de pérdidas para obtener la descarga total por minuto.

$$R = (V/T + R_s) \times C_n \times C_L$$

**Donde:**

R = Caudal en m<sup>3</sup>/min.

V = Volumen a inundar en m<sup>3</sup>

T = Tiempo de inundación en minutos

$R_s$  = Pérdidas debidas a la descarga de rociadores en m<sup>3</sup>/min

$C_n$  = Compensación por aplastamiento

$C_L$  = Compensación por pérdidas

El factor  $R_s$  de compensación por rotura de la espuma como consecuencia de la descarga de los rociadores, deberá ser determinado mediante ensayos, o en su defecto, calcularse aplicando la siguiente fórmula:

$$R_s = S \times Q$$

Donde:

S = Rotura de espuma en m<sup>3</sup>/min. de espuma L/min. de descarga de rociadores

El valor de S será de 0.0748 m<sup>3</sup>/min. L/min.

Q = Descarga estimada, para el mayor número de rociadores que se estime que van a actuar en L/min.

El valor a utilizar para el factor de aplastamiento C<sub>n</sub>, será de 1,15, según la norma NFPA 11.

El valor del factor CL de compensación por pérdidas de espuma por puertas, ventanas y otras aberturas ha de ser determinado en función de las características del edificio, y en ningún caso será menor de 1.0. Para edificios normales, con todos los huecos cerrados, normalmente es de 1,2, valor que suele tomarse por defecto.

La espuma de Alta-expansión normalmente llenará todo el volumen de la estancia. Debe procederse con cuidado para entrar, después de haberse producido la descarga. El producto en combustión ha quedado sumergido en la espuma expandida, pero puede continuar ardiendo; el hecho de entrar en la zona demasiado pronto puede tener resultados adversos, por ejemplo, el de proporcionar una vía de oxígeno a fuego, que lo reavive. Otras consideraciones de seguridad que tienen que ver con penetrar en la espuma de Alta-expansión, se refieren a la imposibilidad de poder ver cualquier objeto u obstáculo colgante. La norma NFPA 11 advierte a cualquier persona que deba entrar en una estancia donde se ha producido una descarga de espuma de Alta-expansión, de que vaya provisto de una manguera rociadora de agua a fin de abrirse camino entre la espuma.



**Figura 8:** Descarga de Espuma de Alta-Expansión. Foto Cortesía: Kiddle Fire Fighting

El Capítulo 6 de la NFPA 11 requiere del uso de aire limpio y fresco para la generación de espuma de alta-expansión. El aire caliente, o el aire contaminado con subproductos de la combustión no es apto para la formación de espuma de calidad. Este aire limpio normalmente se toma a través del tejado o de la parte alta del cerramiento exterior, más allá de la zona de riesgo.

Los generadores de espuma de alta-expansión fabricados hoy en día, consisten en un ventilador que proyecta el espumógeno de una o más boquillas sobre una rejilla. La corriente de aire empuja al espumógeno sobre la pantalla produciéndose una estructura de burbujas muy expandidas. La mayoría de los ventiladores utilizados están movidos por motores de agua, si bien los generadores de alta-expansión de mayor tamaño, tienen motores eléctricos. Los generadores de alta-expansión son sistemas abiertos que forman parte de un sistema de diluvio.

### **NFPA 13**

La norma NFPA 13, Estándar para la Instalación de Sistemas de Rociadores, hace referencia a las espumas de alta-expansión en la sección dedicada a los almacenes. La densidad de diseño de sistemas rociadores puede reducirse considerablemente al añadirse sistemas de espuma de alta-densidad. En el caso de almacenes de cubiertas de ruedas para vehículos, nos encontramos dos situaciones concretas que sólo pueden ser protegidas mediante el uso conjunto de rociadores más un sistema de espuma de alta-expansión. El diseño e instalación de sistemas de alta-expansión, debe cumplir la normativa NFPA 11..

### **NFPA 16**

NFPA 16, Sistemas de Rociadores Cerrados de Espuma y Agua Pulverizada con Espuma. Es simplemente, el estándar para sistemas de rociadores cerrados y de agua-espuma en diluvio. La norma NFPA 16 trata de los componentes del sistema de agua-espuma, como por ejemplo, en qué partes de la instalación deben colocarse las válvulas de aislamiento y los puntos de prueba. La situación de estos elementos depende de donde está colocado el proporcionador.

La norma NFPA 16 especifica incluso, la terminología que debe emplearse en el cartel de instrucciones para el departamento de bomberos, de forma que no llegue a agotarse la reserva de espumógeno antes de la extinción del fuego.

NFPA 16 dice que la superficie mínima de un sistema cerrado de rociadores agua-espuma es 5000 sq. ft. ( 464.5 m<sup>2</sup>). La densidad mínima indicada en la NFPA 16, tanto para rociadores cerrados como de diluvio, es 0.16 GPM por sq. ft. (6,5 l/min./m<sup>2</sup>). Esta densidad de diseño en la norma NFPA 11, lo es para hidrocarburos o combustibles no miscibles y son específicas para el tipo de dispositivo de descarga utilizado. En el caso de tratarse de líquidos miscibles (que requieren espumógenos resistentes al alcohol), deberán utilizarse los espumógenos y dispositivos de descarga específicos para el combustible de que se trate.

La Norma NFPA 16 da información sobre las conducciones del espumógeno. Para los sistemas con espumógeno estándar AFFF, debe usarse la fórmula Darcy o Fanning para calcular las pérdidas de carga. La descarga de solución de espuma no requiere otra fórmula distinta de la Hazen-Williams. Los espumógenos resistentes al alcohol son pseudo plásticos y su viscosidad es diferente. En estos casos debe pedirse al fabricante del espumógeno los valores de pérdida de carga para cada tipo de tubería.

La norma NFPA 16 limita la superficie de cobertura de un rociador a 100 sq. ft. (9.3 m<sup>2</sup>) en un sistema agua-espuma. Otros estándares que utilicen rociadores en sistemas de espuma, pueden tener preferencia sobre este requisito, es por lo tanto importante consultar si existe un estándar específico.

La norma NFPA 16 prescribe una duración mínima del espumógeno de 10 minutos. De nuevo, otros estándares de riesgos específicos, pueden tener preferencia sobre este requisito, es por lo tanto importante consultar si existe un estándar específico.

### **NFPA 30**

NFPA 30, es el Código de Líquidos y Combustibles Inflamables, cubre una tremenda cantidad de información en relación con el almacenamiento y manejo de líquidos y combustibles inflamables. NFPA 30 indica las pautas de protección de para el almacenamiento de líquidos y combustibles inflamables. En la sección en que trata de los criterios de protección, diferencia cuando la protección es únicamente con rociadores en una tabla, y en otra tabla, cuando se usan rociadores agua-espuma.

Las tablas de protección dividen el almacén por tipo de líquido, tamaño del contenedor, altura máxima, y máxima altura del techo. Los contenedores se clasifican también entre sí dependiendo de si son metálicos o no metálicos, o si pueden, o no, disipar fácilmente la presión.

La norma NPFA 30 requiere proporcionadores para un mínimo de 4 rociadores en operación. Esto significa que el proporcionador debe tener la capacidad de suministrar espuma, para hasta 4 rociadores automáticos. Los fuegos de líquidos combustibles e inflamables disipan una gran cantidad de calor. Si el sistema no es capaz de lanzar la espuma en muy poco tiempo, el sistema puede resultar ineficaz.

La NPFA 30 especifica la densidad mínima necesaria en función del tipo de almacenamiento, la miscibilidad, o las densidades mínimas listadas. Cuando la densidad mínima listada para un rociador, y la densidad de protección específica para un combustible dado, sea mayor que la densidad prescrita en la norma NPFA 30, será de aplicación la densidad listada.

NPFA 30 especifica que debe haber espumógeno para 15 minutos. Este tiempo tiene preferencia sobre el especificado en la NPFA 16. Las referencias hechas desde la NPFA 30 a la NPFA 16, lo son a efectos de la disposición de los elementos en el sistema así como a lo relativo a las pruebas y puesta en servicio del sistema.

### **NPFA 409**

NPFA 409, Estándar para Hangares y Aeronaves. En la edición 2001 de la norma se produjeron importantes cambios en la protección de los hangares de mayor tamaño, los clasificados como Hangares Grupo I. Son Hangares Grupo I los que tienen una puerta de acceso más alta de 28 pies (8,5m), o cuyo sector de incendio supera los 40.000 pies<sup>2</sup> (3.716 m<sup>2</sup>).



**Figura 9:** *Ejemplo de Hangar para Aeronaves del Grupo I*

En ediciones pasadas de NPFA 409, la única opción para la protección del Grupo 1, era mediante sistemas de espuma de diluvio descargando desde el techo. La superficie operativa del sistema de diluvio se determinaba en función de la máxima altura del techo.



**Figura 10:** Descarga de un Sistema de Espuma de Baja-Presión situado en el suelo.

La Edición 2001 de la NFPA 409 ofrece tres opciones de protección para hangares del Grupo 1:

**Opción 1)** Un sistema de diluvio de espuma por cada 1394 m<sup>2</sup>, con una cobertura por rociador de 12 m<sup>2</sup> y una distancia máxima entre rociadores de 3,7 m. La densidad de diseño será de 6,6 l/min./m<sup>2</sup> para boquillas sin aspiración de aire con espumógeno AFFF, y de 8 l/min./m para boquillas con aspiración de aire, sea cual sea el espumógeno que utilicen. Además, para aviones con una superficie alar superior a 279 m<sup>2</sup>, hace falta un sistema adicional en la parte inferior de las alas.

**Opción 2)** Un sistema de rociadores cerrados con una densidad de diseño de 6,9 l/min./m<sup>2</sup> sobre 1394 m<sup>2</sup> La cobertura por rociador será de 12 m<sup>2</sup> y una distancia máxima entre rociadores de 3,7 m. Además se ha de instalar un sistema de baja expansión en el suelo capaz de cubrir toda la superficie. La densidad de diseño será de 4,1 l/min./m<sup>2</sup> para espumógenos AFFF y de 6,9 para el resto. La descarga se hará sobre el total de la superficie durante un tiempo de 10 minutos.

**Opción 3)** Un sistema de rociadores cerrados con una densidad de diseño de 6,9 l/min./m<sup>2</sup> sobre 1394 m<sup>2</sup> , con un puesto de control cada 4831 m. La cobertura por rociador será de 12 m<sup>2</sup> y una distancia máxima entre rociadores de 3,7 m. Además se ha de instalar un sistema de alta expansión en el suelo para cubrir toda la superficie. La densidad de diseño será de 4,1 l/min./m<sup>2</sup> para espumógenos AFFF y de 6,9 para el resto. La descarga se hará sobre el total de la superficie.



**Figura 11:** Drenajes del suelo en un Hangar de Aviación.

Estas opciones fueron promovidas por el Departamento de Defensa de los EEUU, quienes además publican, en su página Web, otras guías específicas para sus necesidades..



**Figura 12: Protección suplementaria de un Hangar del Grupo 1**

El coste mayor, relacionado con la protección de un hangar del Grupo 1, le corresponde al suministro de agua. Tomando como ejemplo un hangar de 60.000 pies<sup>2</sup> (5572 m<sup>2</sup>), para aviones de superficie alar menor de 3000 pies<sup>2</sup> (279 m<sup>2</sup>), el suministro de agua necesario para cada opción será como sigue.

**Opción 1)**

0.16 GPM/ft<sup>2</sup> (6,5 lpm/m<sup>2</sup>) x 60.000 f<sup>2</sup> ( 5.574 m<sup>2</sup>) x\*1,15=11,040 GPM (41.786 L/min.)

**Opción 2)**

0.10 GPM/ft<sup>2</sup> (4,07 lpm/m<sup>2</sup>) x 60.000 f<sup>2</sup> ( 5.574 m<sup>2</sup>) x\*1,15=6.900 GPM (26.109 L/min)

0.17 GPM/ft<sup>2</sup> (6,90 lpm/m<sup>2</sup>) x 15.000 f<sup>2</sup> ( 1.393 m<sup>2</sup>) x\*1,15=2.933 GPM (11.889 L/min)

Agua requerida en total para la Opción 2 = 9.833 GPM (37.998 L/min. )

**Opción 3)**

3 ft<sup>3</sup>/min./ft<sup>2</sup> de espuma de de alta-expansión (Se asume un caudal de 3.484 GPM (13.154 L/min.))

0.17 GPM/ft<sup>2</sup> (6,90 lpm/m<sup>2</sup>) x 15.000 f<sup>2</sup> (1.393 m<sup>2</sup>) x \*1,15=2.933 GPM (11.845 L/min.)

Agua requerida en total para la Opción 3 = 6.417 GPM (24.999 L/min.)

**\*1.15 es un factor de sobredescarga aplicado al sistema de rociadores**

Los hangares del Grupo II son de menor tamaño que los del Grupo I. Son Hangares del Grupo II los que tienen una puerta de acceso más baja de 28 pies (8,5m), o cuyo sector de incendio no supera los 40.000 pies<sup>2</sup> (3.716 m<sup>2</sup>).

**La protección de hangares del Grupo II es similar a los del Grupo I. Existen 4 opciones de protección.**

**Opción 1)** Un sistema de espuma de diluvio diseñado para una densidad de 0,16 GPM/f<sup>2</sup> (6,5 lpm/m<sup>2</sup>) en toda la superficie.

**Opción 2)** Una combinación de rociadores automáticos en el techo capaces de suministrar 0,17 GPM/f<sup>2</sup> (6,9 lpm/m<sup>2</sup>) sobre 5.000f<sup>2</sup> (464 m<sup>2</sup>) y un sistema de Baja-expansión en la parte inferior con densidad de diseño de 0,10 GPM/f<sup>2</sup> (4.07 lpm/m<sup>2</sup>) en toda la superficie del suelo.

**Opción 3)** Una combinación de rociadores automáticos en el techo capaces de suministrar 0,17 GPM/f<sup>2</sup> (6,9 lpm/m<sup>2</sup>) sobre 5.000f<sup>2</sup> (464 m<sup>2</sup>) y un sistema de alta-expansión en la parte inferior con densidad de diseño de 0.3 ft<sup>3</sup>/min./ft<sup>2</sup> (13.154 L/min.) en toda la superficie del suelo.

**Opción 4)** Un sistema de rociadores cerrados de agua-espuma diseñado para 0,16 GPM/f<sup>2</sup> (6,5 lpm/m<sup>2</sup>), sobre toda la superficie del suelo.

NPFA 409 limita la cobertura del sistema de diluvio-espuma y el de rociadores cerrados agua-espuma a 15.000 f<sup>2</sup> ( 1.393 m<sup>2</sup> ).

Otra aportación importante de la edición 2001 de la NPFA 409, fue la designación de la Clase IV de hangares, se trata de estructuras de tubo de acero cubierta de una lámina o membrana. Estas estructuras normalmente son poco resistentes ya que sólo tienen que soportar una membrana de plástico. Este tipo de construcción puede no ser lo suficientemente rígida para soportar las tuberías de cualquier sistema de rociadores. Típicamente los dispositivos de descarga de los sistemas Clase IV son monitores oscilantes, dispositivos de descarga en el suelo, o generadores de espuma de alta-expansión montados en las vallas perimetrales.



**Figura 13:** Ejemplo de un Hangar del Grupo IV. Foto Cortesía: Google Dominio Publico

**NFPA 418**

El NFPA 418 es el Estándar para Helipuertos. Los helipuertos, lugares de aterrizaje para helicópteros, pueden estar situados a nivel del suelo, sobre una estructura o en una plataforma suspendida. Los sistemas de espuma son requeridos para helipuertos a partir de la categoría H-1 o cuando el helipuerto esté situado sobre una estructura habitada, tal como la cubierta de un edificio. La densidad de diseño para helipuertos es de 0,10 GPM/f<sup>2</sup> (4.07 lpm/m<sup>2</sup>) sobre toda la superficie. Se requiere una duración mínima de 5 minutos. Cuando el hangar está situado sobre la cubierta de un edificio, se diseñará de acuerdo a la norma NFPA 16, que especifica una densidad de diseño de 0,16 GPM/f<sup>2</sup> (6,5 lpm/m<sup>2</sup>) sobre 5.000 f<sup>2</sup> (464 m<sup>2</sup>). La reserva de espumógeno, según la norma NFPA 16, será para 10 minutos.

**CALIDAD DE LA ESPUMA**

La calidad de la espuma se mide por su capacidad de expansión y por el tiempo que las burbujas mantienen su estructura. Los colchones de espuma se forman por la aireación o agitación del espumógeno. Los sistemas de Baja-expansión se pueden suministrar mediante diversos dispositivos, algunos airean la premezcla para expandirla y para que mantenga su estructura, otros dispositivos lo consiguen agitando la solución.

<b>Dispositivo de Descarga</b>	<b>Aireación</b>	<b>Agitación</b>
Rociador Estándar		Si
Formador de Espuma	Si	
Cámara de Espuma	Si	
Boquilla Manual		Si
Boquilla Manual con Aspiración	Si	
Monitor y Boquilla		Si
Monitor con Boquilla de Aspiración	Si	
Boquilla		Si
Boquilla de Media-Expansión	Si	

**Tabla 1**

Los sistemas de Baja-expansión de espumógeno sintético consiguen la espuma de mejor calidad. En general, un sistema por aireación del espumógeno ofrece una capacidad superior de lucha contra el fuego que uno que no lo hace. Los dispositivos por aireación normalmente necesitan menores densidades de diseño que los de no-aireación. La mayor parte de las densidades mencionadas en los estándares NFPA mencionados anteriormente, están basadas en dispositivos de descarga con capacidad de aireación. Una vez aireados, los espumógenos sintéticos de Baja-expansión producen un colchón de espuma persistente y duradero.



**ESPUMA POR AIRE COMPRIMIDO (CAF)**

El Espuma por Aire Comprimido (CAF) se consigue al inyectar aire a presión en el flujo de una solución de espuma. Hasta hace poco tiempo, el aire comprimido-espuma se usaba en la lucha contra incendios descargándolo mediante mangueras manuales. Muchos aeropuertos y helipuertos disponen de equipos integrados portátiles que producen espuma muy gruesa y de buena calidad, que es proyectada mediante mangueras. La diferencia principal de esta espuma respecto de las anteriores mencionadas está en la calidad de la espuma. La espuma por aire comprimido presenta una estructura estable y consistente. La calidad de la espuma por aire comprimido, permite combatir fuegos de líquidos derramados y fuegos tridimensionales ya que esta espuma es gruesa y se adhiere a superficies horizontales y verticales.

La espuma por aire comprimido se empezó a desarrollar hace 65 años. Su principal ventaja es que requiere menos cantidad de producto para extinguir el mismo fuego. El reto tecnológico actual es, cómo aplicar esta espuma desde sistemas fijos de tuberías. En 1999, se intensificó la investigación sobre las posibilidades de utilizar la espuma por aire comprimido desde redes de tubería fija. Los principales obstáculos a superar fueron descubrir cual sería el dispositivo idóneo de descarga, cómo calcular el diámetro apropiado de la tubería, y cuales son las densidades de descarga adecuada a cada tipo de fuego. Se desarrolló una boquilla giratoria para distribuir este tipo de espuma mejorado. También se han desarrollado programas informáticos para optimizar el flujo hidro-neumático a través de las tuberías.



**Figura 14:** Descarga de Espuma por Aire Comprimido desde un Sistema de Tubería Fija. Foto Cortesía de Fireflex Systems INC.

Mediante pruebas comparativas entre la espuma por aire comprimido y los rociadores agua-espuma, se confirma la superioridad del sistema CAF. También se han efectuado pruebas en Factory Mutual para su aprobación. La próxima edición de NFPA 11 añadirá una sección dedicada a sistemas fijos que descargan CAF.

Existe un sistema de espuma por aire comprimido aprobado, es un sistema patentado y es fabricado por una única compañía. El cálculo de la red de tuberías está limitado a sistemas balanceados y sólo puede ser diseñado por el propio fabricante. El sistema CAF se ofrece actualmente en forma de equipo integrado. Por ahora, el sistema CAF integrado se limita a fuegos de hidrocarburos, fuegos en transformadores, y fuegos Clase A. Se esperan pronto resultados de las pruebas que se están llevando a cabo para la protección de líquidos miscibles.



**Figura 15:** Sistema Integrado de Aire Comprimido Espuma (ICAF®). Foto cortesía: Fireflex Systems Inc.

### **CONCLUSIÓN**

Antes de proceder al diseño de cualquier sistema de espuma, es prudente consultar los diferentes estándares que puedan ser aplicables. Cada fabricante de espumógeno o equipos, tiene diseñados dispositivos de descarga que son específicos para cada tipo de espuma, es importante consultar con su suministrador antes de entregar la oferta de un proyecto. La mayoría de los fabricantes de espumógenos disponen de información técnica, o servicio de asesoramiento para sus clientes. Cada vez hay más aplicaciones y oportunidades para sistemas de espuma, utilizando los recursos disponibles, resultará fácil perder el miedo a entrar en el campo de riesgos especiales.