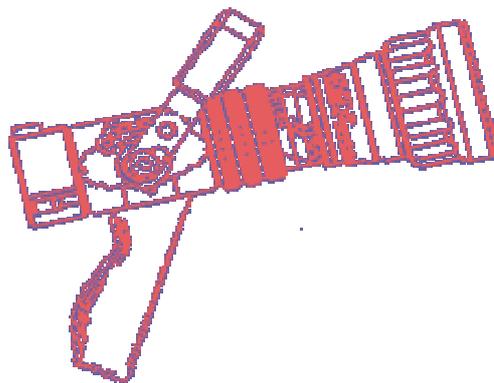


FLASHOVER

& NOZZLE TECHNIQUES



Una innovadora técnica de utilización del surtidor usada por los bomberos europeo para combatir los peligros asociados con Flashover y Backdraft.

firetactics.com

PAUL GRIMWOOD
Autor de "FOG ATTACK"

TRADUCIDO POR:

JUAN CARLOS CAMPAÑA LÓPEZ.

Jefe de Grupo Bombero.

Cuerpo de Bomberos del Ayuntamiento de Madrid.

Madrid, Octubre de 2002.

Introducción

La primera vez que vi los documentos técnicos de los científicos suecos Rosander y Giselson fue en el año 1984. Estos documentos describían la técnica desarrollada por los bomberos de Estocolmo en la que unas continuas aplicaciones con ráfagas de agua nebulizada eran usadas para combatir los peligros asociados a la aparición de Flashover y Backdraft. A esto siguió la muerte de dos bomberos de Estocolmo en un Flashover y un artículo en que se demandaba técnicas para conseguir un mayor nivel de seguridad y de supervivencia para los bomberos. Habiendo estudiado las tácticas de lucha contra el fuego a nivel internacional durante unos nueve años antes de este suceso, yo estaba obviamente alertado de tal demanda. Sólo seis semanas antes yo había puesto a prueba la aplicación de las ráfagas con agua nebulizada en un fuego real.

Estaba sirviendo en el corazón del distrito oeste del centro de Londres, entre una gran cantidad de restaurantes, clubes, hoteles y céntricos bloques de oficinas. Era un área muy ajetreada y estábamos atendiendo alrededor de 5000 llamadas anuales en esa época. La noche en cuestión, estábamos respondiendo a una llamada por “manifestación de humo” en un hotel de seis plantas. El humo se podía oler tres manzanas antes de llegar. Cuando entramos en la calle pudimos ver un resplandor con llamas en una ventana de las plantas altas y en el tejado del hotel. No había signos o informes de personas atrapadas, así que inmediatamente tiré del carrete de alta presión de $\frac{3}{4}$ de pulgada (18 mm aprox.). Con un caudal de 50 gpm (aprox. 190/200 lpm), sabía que la instalación iba a ser insuficiente para este fuego, pero también sabía que una línea de apoyo mayor estaba siendo tendida detrás de nosotros. ¡ Fuimos a por ello !.

El fuego había envuelto el hueco de escalera de madera de la tercera a la sexta planta y se había propagado por una puerta abierta en la planta superior, envolviendo completamente una habitación. Había unos 15,000 pies cúbicos de fuego en fase de post-Flashover envolviendo alrededor de cuatro pisos y yo sólo tenía 50 gpm para combatirlos. Sin embargo, el carrete de alta presión es una línea extremadamente versátil y fuimos capaces de desplegar la línea hacia arriba a gran velocidad. Mientras nos acercábamos al tercer piso, miré por encima de nuestras cabezas y vi un gran volumen de gases de fuego ardiendo. Había fuego por todas partes e inmediatamente cambié el surtidor a un cono de 60° y empezamos nuestro ascenso detrás de unas continuas ráfagas de agua nebulizada. El efecto fue asombroso ya que la línea de 50 gpm se estaba “tragando” el fuego. En aproximadamente tres minutos habíamos controlado un importante fuego de gases y habíamos llegado a la última planta. La línea de apoyo estaba justo detrás de nosotros sin haber tenido que utilizarla.

Sin embargo, no fue hasta que entrené en el contenedor del Sistema Sueco de Supervivencia (“la lata”) cuando aprendí el verdadero potencial de la refrigeración de la capa de gases, no sólo para combatir fuegos en su fase de post-Flashover, sino lo que es más importante, para prevenir la inflamación de los gases de fuego, es decir, para el control de Flashover y Backdraft.

Este innovador método se basa en poner gotas de agua directamente dentro de los gases de fuego súper calentados, evitando a toda costa que éstas gotas entren en contacto con las paredes, el techo y con las superficies calientes. Es cierto que un galón de agua (aprox. 4 litros) se expandirá en una proporción aproximada de 1700 / 1 cuando se convierta en vapor de agua. Sin embargo, si el efecto de refrigeración es correctamente empleado, se producirá la contracción de los gases, teniendo esto una mayor relevancia que al efecto de expansión del vapor. Este efecto puede ser explicado en términos sencillos, ya que 1 lb. de aire a 1000° F (aprox. 550°C) ocupa 38 pies cúbicos, esta libra de aire a 1000° F poseería suficiente calor como para evaporizar 0,24 lb. de agua, las cuales como vapor ocuparán 6.528 pies cúbicos (0,24 x 1700 dividido por 62,5). La libra de aire ahora a 212° F (100°C) ocupa sólo 16 pies cúbicos. Ahora, 16 sumado a 6.528 (aire y vapor) dan una reducción en el volumen de gas a 22,5 pies cúbicos. El volumen de aire es reducido en un tercio. En efecto, no se fuerza el vapor de agua a descender sobre los bomberos sino que este queda suspendido sobre sus cabezas donde evita la propagación de las llamas en la capa de gases.

El uso efectivo de esta técnica 3DWF (*“ataque ofensivo”*) depende de la precisión en su aplicación, del entrenamiento del bombero y de la utilización del surtidor correcto. Cuando la técnica es correctamente aplicada, se incrementa enormemente la seguridad de los bomberos durante las operaciones de lucha contra fuegos estructurales.

Sobre el autor

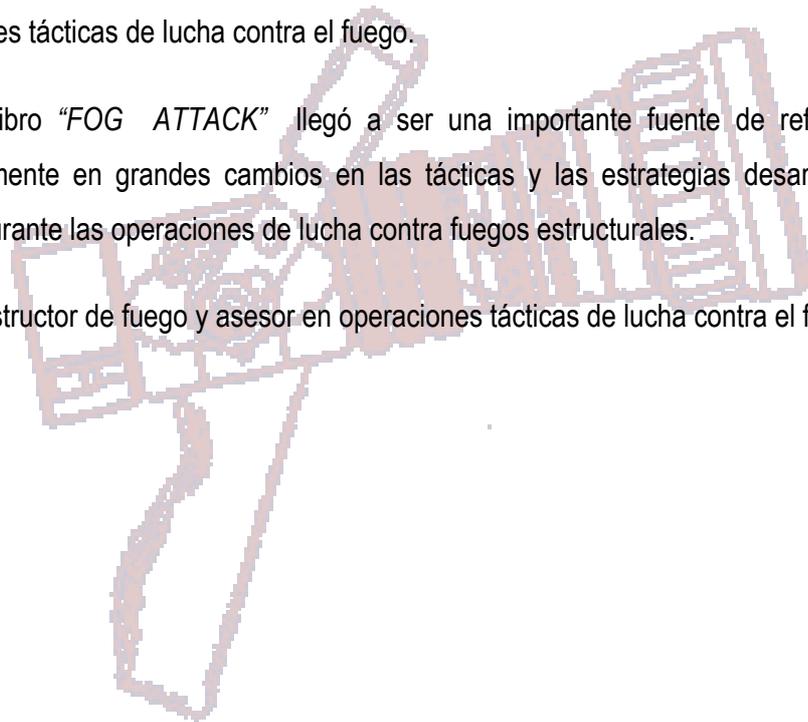
Paul Grimwood ha servido durante 26 años como bombero profesional, la mayoría de ellos dentro los ajetreados barrios pobres del distrito oeste del centro de Londres. También ha servido en destacamentos del cuerpo de bomberos de New York, Boston, Chicago, Los Angeles, San Francisco, Las Vegas, Phoenix, Miami, Dallas, Metro Dade, Seattle, Paris, Valencia, Estocolmo y Ámsterdam. A mediados de 1970 sirvió como bombero voluntario en New York State.

Durante su carrera ha estudiado las tácticas de lucha contra fuegos estructurales sobre una base internacional y ha presentado unos 50 documentos técnicos, tanto como escritor como conferenciante. Muchos de sus trabajos han sido citados varias veces en estudios e investigaciones científicas en UK, en relación con operaciones tácticas de lucha contra el fuego.

En 1992 su libro "FOG ATTACK" llegó a ser una importante fuente de referencia en UK, influenciando enormemente en grandes cambios en las tácticas y las estrategias desarrolladas por los bomberos británicos durante las operaciones de lucha contra fuegos estructurales.

Él es ahora instructor de fuego y asesor en operaciones tácticas de lucha contra el fuego.

Agosto de 1999.



Índice de contenidos

Parte Primera:	6	Flashover, Backdraft e inflamación de gases de fuego.
	6	Flashover.
	6	Backdraft.
	7	Inflamación de gases de fuego
	9	Sucesos de transición repentina.
	9	Acciones de los bomberos y signos de aviso.
Parte Segunda:	11	Refrigeración de la capa de gases.
	11	Capacidades de refrigeración del agua.
	13	Agua nebulizada.
	14	¿Qué es la refrigeración de la capa de gases?.
Parte Tercera:	17	Aplicación de la técnica 3DWF.
	17	Aplicación del <i>Ataque Ofensivo</i> (3DWF).
	19	Aspectos prácticos del <i>Ataque Ofensivo</i> (3DWF).
	23	Estrategias y Tácticas en la aplicación del <i>Ataque Ofensivo</i> (3DWF).
	26	Combustión gaseosa y supresión de la explosión.
	27	Refrigeración de los gases y 3DWF en edificios de altura.
	29	Aditivos al agua y sistemas de espuma por aire comprimido.
	29	Entrenamiento en el “Túnel de fuego” sueco.
	31	Conclusiones.

1

Fashover, Backdraft & Inflamación de los gases de fuego

El Flashover y el Backdraft son claramente sucesos distintos que ocurren de diferentes formas. Mientras ha habido muchas investigaciones científicas asociadas con el Flashover como un suceso, los esfuerzos de investigación dirigidos al Backdraft han sido bastante escasos. Sin embargo, hay varias definiciones que han evolucionado a través de el análisis científico de tal fenómeno, aunque en términos de contenido, todas están de acuerdo.

Flashover.

“En un compartimento, el fuego puede llegar a un estado en el que la radiación térmica total desprendida por el fuego, por los gases calientes y por las paredes y el techo calientes del compartimento, causan la combustión de todas las superficies combustibles expuestas dentro del mismo. Esta repentina y mantenida transición de un fuego en crecimiento a un fuego totalmente desarrollado es un Flashover” (Fire Research Station – UK 1993).

“La rápida transición a un estado de total envolvimiento de todas las superficies en un fuego de materiales combustibles dentro de un compartimento” (International Standards Organisation – ISO 1990).

Backdraft (Backdraught).

“La ventilación limitada puede llevar a un fuego en un compartimento a producir gases de fuego que contienen significativas porciones de productos de combustión parcial y productos no quemados de pirolisis. Si estos se acumulan, la entrada de aire cuando se hace una abertura en el compartimento, puede llevar a una repentina deflagración. Esta deflagración moviéndose a través del compartimento y fuera de la abertura es un Backdraft” (Fire Research Station – UK 1993).

“La rápida o explosiva combustión de gases calentados que ocurre cuando el oxígeno es introducido en un edificio que no ha sido adecuadamente ventilado y en el que se ha reducido el suministro de oxígeno debido al fuego” (National Fire Protection Association – USA).

Fleischmann, Pagni y Williamson¹ aconsejan que el término “productos no quemados de pirolisis” debería ser sustituido por “gases calentados” en la definición de la NFPA.

Inflamación de gases de fuego.

Mientras está claro que el Flashover y el Backdraft son dos sucesos separados, hay además otras situaciones en las que puede aparecer la inflamación de los gases de fuego. Estos sucesos adicionales pueden no ajustarse necesariamente a cualquiera de las definiciones de anteriores, pero presentarán un resultado similar en términos de propagación rápida del fuego. Es importante para los bomberos, tener un básico entendimiento de todos los sucesos que pueden llevar a tal inflamación bajo varias condiciones dentro de una estructura envuelta en fuego.

a) La formación de bolsas de tamaño variable de gases de fuego inflamables, puede ocurrir dentro de los límites de un edificio. Estas bolsas pueden aparecer en el compartimento mismo del fuego, en compartimentos adyacentes, en vestíbulos de entrada y pasillos. También pueden desplazarse desde la fuente del fuego original por el interior de estructuras vacías y espacios en tejados. La aportación de aire no es necesaria para la inflamación de estos gases, puesto que ya se encuentran en un estado de premezcla ideal y simplemente necesitan una fuente de ignición. La deflagración resultante puede ser comparada con un Backdraft, pero quizás una definición más acertada en términos reales es *una explosión de humo o inflamación de gases de fuego*.

Durante un fuego en Estocolmo, una capa de gases de fuego se había acumulado bajo del cielo raso en un almacén y se inflamó con fuerza explosiva durante la fase de revisión poco **después** de que en cuerpo principal de fuego fuese extinguido. Esto ocurrió cuando una brasa se elevó por las corrientes de convección, penetrando en la capa de gases. Otro incidente en un armario cerrado debajo de una escalera, provocó que un bombero fuese derribado dentro del vestíbulo cuando él movía escombros y descubría un fuego latente en un montón de plásticos y trapos que se encontraban en brasas. Los gases de fuego acumulados dentro del armario, fueron expuestos a la fuente de ignición que había permanecido oculta hasta entonces. Ninguno de estos sucesos requirió una corriente de aire para iniciar la deflagración, sino simplemente una fuente de ignición descubierta e introducida dentro de la capa de gases.

b) Una mayor inflamación de los gases “súper calentados” puede suceder cuando éstos se mezclan con el aire al salir del compartimento. Esto puede darse en una ventana o una puerta y el fuego resultante puede retroceder hacia dentro del compartimento a través de la capa de gases. El autor experimentó esta situación cuando, intentando acceder a un fuego en el sótano de un apartamento, los gases se inflamaron fuera una vez que se consiguió entrar. Este suceso atrapó a los bomberos durante varios segundos en la base de las escaleras bajo el apartamento, mientras las llamas rodaron sobre sus cabezas y les cortaba la única vía de escape escaleras arriba hacia el nivel de la calle.

c) Un suceso que produce una rápida propagación del fuego y que frecuentemente es identificado como un Flashover por los bomberos que se encuentran en la escena, puede ocurrir cuando el fuego es repentinamente agitado por un gran movimiento de aire, generalmente en la dirección de los equipos de extinción. Esto puede suceder cuando una dotación está avanzando **en contra** de la dirección de una línea de ataque operando en sentido opuesto; o por ejemplo cuando un ventilador de presión positiva (VPP) es usado inconvenientemente; o cuando una ventana se rompe en el otro lado del fuego y una ráfaga de aire empuja el fuego hacia el equipo de ataque. Las llamas se incrementarán y un calor abrasante se dirigirá hacia los bomberos que avanzan. Este efecto es también común en los edificios altos, donde una presión negativa puede crearse detrás del equipo de ataque debido al efecto chimenea en la escalera de acceso. Este movimiento natural (efecto chimenea) algunas veces causa la rotura de las ventanas con una corriente de aire desde la ventana hacia la escalera. Los bomberos de Londres experimentaron tal fenómeno en un fuego en un edificio alto, cuando una dotación intentaba el acceso al compartimento del fuego. La puerta de acceso al apartamento fue abierta en el piso 12º y el fuego estalló hacia el hall de entrada mientras las ventanas se rompían hacia adentro. El calor obligó a los bomberos a retirarse dos pisos hacia abajo antes de reiniciar su ataque sobre el fuego bajo las más severas condiciones. El efecto chimenea había causado condiciones parecidas a las de un Flashover, pero este suceso no fue ni Flashover ni Backdraft. Casos similares han ocurrido en varios fuegos en edificios altos, tales como los notables fuegos de Westvaco (NYC 1980), el fuego del Empire State Building (NYC 1990), y el fuego del Hotel Winecoff (Atlanta 1946).

d) Para hacer el asunto incluso más confuso, hay una situación en la que **un Flashover puede ser inducido por el incremento de la ventilación**. Chitty² demuestra este suceso durante el desarrollo inicial de un fuego, en el que pequeñas aberturas dentro del compartimento permitirán al fuego alcanzar un punto estable controlado por la ventilación. Si se incrementa la ventilación (se abre una ventana o una puerta), las pérdidas de calor del compartimento aumentarán ya que el calor es evacuado hacia afuera por la abertura. Antes del cambio en la ventilación, el fuego habrá estado pirolizando más material del que puede ser quemado. En este estado, la cantidad de ventilación proporcionada es crítica. En efecto, si la ventilación es suficiente, las pérdidas de temperatura serán suficientemente grandes como para evitar el Flashover. Sin embargo, si la ventilación es inadecuada y los niveles de temperatura se mantienen, entonces la energía desprendida por el exceso de pirolizantes creará condiciones de Flashover, es decir un Flashover inducido por la ventilación. En algunos casos esto podría ser identificado como un Backdraft.

Cambios repentinos en el desarrollo de un fuego.

Hay varios mecanismos básicos en un fuego que pueden suponer repentinos cambios en su desarrollo y estos cambios pueden ser divididos en “*step even*” (donde las llamas son mantenidas) y “*transient even*” (cortos, posiblemente violentos, y que liberan energía desde un fuego que no se mantiene). Chitty³ identificó siete formas por las cuales puede ocurrir un repentino cambio.

Un Flashover es identificado como un “*step even*” y un Backdraft es considerado como un “*transient even*”. Es posible que ambos ocurran secuencialmente o **al mismo tiempo**. Por ejemplo, abriendo la puerta de una habitación que contiene un fuego controlado por la ventilación, y que ha estado produciendo gases volátiles por algún tiempo, se puede producir un Backdraft que quemará el exceso de pirolizantes, probablemente con bastante rapidez, por el crecimiento del fuego original sobre la superficie del combustible en fase sólida (Flashover) hasta que es limitado por la nueva abertura de ventilación. En términos reales puede ser difícil averiguar que suceso causa un repentino aumento en el crecimiento del fuego, pero es más importante para los bomberos apreciar el potencial de **sus acciones**, y cómo éstas pueden llevar a la inflamación de los gases de fuego.

Acciones de los bomberos y signos de aviso.

- a) La repentina abertura de la puerta de entrada a un compartimento puede causar un Flashover, un Backdraft o crear una negativa corriente de aire dentro de una escalera, causando la rotura de las ventanas del compartimento hacia dentro, y produciendo el rápido desarrollo del fuego. Usa técnicas correctas para la entrada y aplica las técnicas de “Ataque Ofensivo” (3DWF) para reducir los riesgos. Si es posible cierra todos los puntos de acceso al hueco de la escalera en el piso del fuego antes de abrir la puerta del compartimento.
- b) Los fuegos en áreas ocultas, espacios en tejados, o compartimentos fuertemente sellados con poca ventilación, donde una acumulación de gases de fuego se ha desarrollado lentamente, son frecuentemente puntos propensos a los peligros de Backdraft. Además, el humo empujando fuera de los aleros de una estructura es un aviso de la presión acumulada dentro. La ventilación táctica y la aplicación del “Ataque Ofensivo” (3DWF) son la forma más eficiente de tratar situaciones de este tipo.
- c) Depósitos aceitosos sobre las ventanas, puertas y pomos calientes, así como humo empujando por los contornos de estas áreas son signos seguros de que existe posibilidades de Backdraft al abrir la puerta. De nuevo son requeridas operaciones de ventilación táctica junto con la aplicación del “Ataque Ofensivo” (3DWF).

- d) Al entrar o durante el avance de la línea dentro del espeso humo, observa el humo en la entrada. Si un ciclo de pulsaciones es obvio, con corrientes de humo chupando y empujando hacia atrás y adelante, y si el humo es negro y rueda sobre sí mismo, retírate fuera del área inmediatamente detrás de una pulsación de 3DWF hacia lo alto. Tales signos sirven como fuertes indicadores de un potencial Backdraft.
- e) Silbidos o sonidos crepitantes son clásicos indicadores de Backdraft. Si estos son detectados, es el momento de salir rápidamente. De nuevo usa las pulsaciones de agua nebulizada para inertizar o apagar cualquier inflamación de gases de fuego.
- f) Un signo evidente de Backdraft, puede ser la presencia de **llamas azules** dentro del compartimento. Esto puede ser aviso de la combustión de la premezcla, cuando el aire entra a gran velocidad hacia el origen del fuego. Pulsa y retírate.
- g) Cualquier repentino crecimiento del calor dentro del compartimento, particularmente si fuerza a los bomberos a tirarse de rodillas lo más bajo posible, es un signo de aviso de inminente Flashover. Pulsa agua hacia lo alto para lograr la refrigeración de la capa de gases.
- h) Signos de llamas en la capa de gases encima de tu cabeza es un indicador de Flashover. Pulsa, pulsa, pulsa!!!
- i) Si la capa de humo desciende rápidamente hacia el suelo y se ve rodar el fuego por el techo, retírate del compartimento detrás de una pulsación de agua nebulizada antes de que el Flashover ocurra.
- j) Hay que tener mucho cuidado cuando se abren paredes, espacios vacíos, etc. Tener una línea cargada y preparada para pulsar y enfriar cualquier corriente de gases que pueda salir hacia fuera o volver hacia adentro.
- k) Nunca asumir que el peligro ha pasado una vez que el fuego está bajo control y la fase de revisión está en proceso. Tener cuidado con la acumulación de gases de fuego en las partes altas, en armarios, espacios de techados, espacios vacíos y compartimentos adyacentes. Asegurarse de que todas las áreas son eficientemente ventiladas bajo la protección de una pulsación de agua nebulizada. Tener cuidado cuando se usa VPP bajo tales circunstancias ya que algunas brasas pueden ser transportadas por encima de la cabeza.

2

Refrigeración de la capa gaseosa

El agua ha sido conocida como agente extintor desde que el hombre conoce el fuego. Con la excepción del Helio y el Hidrógeno, el agua posee la capacidad de calor específico más grande de todas las sustancias encontradas en la naturaleza y tiene el calor latente de vaporización más elevado de todos los líquidos. Se estima⁴ teóricamente que un único gramo de agua líquida puede extinguir un volumen de 50 litros de llama, reduciendo su temperatura por debajo de un valor crítico. Esto equivale a un rango de aplicación de 0,02 litros por metro cúbico. También se ha demostrado que la cantidad de agua requerida para conseguir el control de un fuego estructural, está entre 10 y 18 galones por cada 1000 pies cúbicos de fuego (entre 38 y 68 litros por cada 28 m³ de fuego). En UK se ha demostrado ampliamente que la mayoría de los típicos fuegos en compartimentos son extinguidos usando entre 16 y 95 galones (entre 60 y 361 litros), que es menos agua de la que lleva una bomba urbana. Existen también muchas formulas disponibles para bomberos, y que se usan para estimar el agua necesaria durante operaciones de fuegos estructurales. Estas varían desde la formula de Royer/Nelson, en la que 10 galones por minuto (unos 38 litros por minuto) son necesarios por cada 1000 pies cúbicos de fuego (28 m³), hasta la que generalmente más se acepta de la National Fire Academy (USA), en la que aproximadamente 30 galones (unos 115 litros) serían necesarios para tal volumen de fuego. Las fórmulas europeas han sugerido que caudales tan bajos como 4 galones por minuto (unos 15 litros) por cada 1000 pies cúbicos de fuego son suficientes.

Capacidades de refrigeración del agua.

Como medio extintor, el agua tiene una capacidad de enfriamiento teórica de 9,84 MW por galón y por segundo (2,6 MW por litro y por segundo), aunque en la aplicación práctica de un ataque **directo**, esta capacidad es más probable que sea de alrededor de **1,96 MW** por galón y por segundo (0,84 MW por litro y por segundo). Poniendo tales cifras en perspectiva, el bombero es capaz de apreciar el verdadero potencial de extinción de las líneas de agua en cualquier situación específica. Como ejemplo tenemos que el rango de desprendimiento de calor (RDC) estimado para una silla cubierta de espuma está normalmente entre 4-500 Kw., mientras que un pequeño aparador desprenderá unos 1.8 MW. Sin embargo, fuegos más grandes tales como aquellos que envuelven modernos puestos de trabajo en oficinas, compuestos por mobiliario, material de escritorio y terminales de ordenador, pueden presentar un gran desafío y RDCs de 1.7 MW en cinco minutos (two-partition) y 6.7 MW en nueve minutos (three partition), han sido registrados desde estos artículos. Un sofá de tres plazas desprenderá unos 3.5 MW y una litera de pino alcanzará los 4.5 MW.

El simulador de Flashover del sistema sueco normalmente alcanza los 3 MW, mientras que en el incendio de Interstate Bank en Los Angeles, en 1988, se estimó que 10 MW de fuego existieron dentro de los dos o tres minutos del inicio. Grandes cantidades de agua serían necesarias para manejar tales producciones de calor. Para el bombero esto significa que el surtidor que usa tiene una capacidad práctica de enfriamiento máxima y estimaciones fiables pueden ser hechas (tabla uno). Se puede ver que 2,36 MW por galón y por segundo (0,84 MW por litro y por segundo) es la capacidad de enfriamiento práctica del agua y que es alrededor del 20 por ciento de su capacidad teórica (un tercio). Eso significa que aproximadamente el 80 % (dos tercios) del agua aplicada a un fuego normalmente tiene poco o ningún efecto.

30 gpm - 0,98 MW	50 lpm - 0,69 MW
50 gpm - 1,62 MW	100 lpm - 1,39 MW
100 gpm - 3,25 MW	150 lpm - 2,10 MW
150 gpm - 4,90 MW	200 lpm - 2,79 MW
200 gpm - 6,52 MW	300 lpm - 4,20 MW
250 gpm - 8,15 MW	550 lpm - 7,69 MW
	800 lpm - 11,19 MW
	1000 lpm - 13,99 MW

Tabla uno: capacidad práctica de refrigeración del agua en aplicaciones directas

El agua es potencialmente un agente extintor muy poderoso, aunque para alcanzar este gran potencial, el calor debe ser eficientemente transferido desde el fuego y sus alrededores al agua que se aplica durante la extinción. Muchos científicos han estudiado estrechamente la dinámica de supresión del fuego y la extinción en general. En todos estos estudios el modo dominante de supresión de fuegos estructurales ha sido el enfriamiento del combustible, aunque se reconoce que la refrigeración y la inertización de la atmósfera de fuego juegan también un papel importante. Sin embargo, pocos se han dado cuenta de los beneficios y el potencial de la **refrigeración de la capa gaseosa** en términos de seguridad y supervivencia del bombero. Es el objeto de este libro introducir las técnicas de **aplicaciones de agua nebulizada tridimensional (3DWF)**, que han llegado a ser tan populares entre los bomberos en los últimos 20 años en grandes ciudades como Estocolmo, Londres y Paris.

En este punto, debemos dejar claro que tal uso del agua nebulizada con es comparable a la forma de ataque indirecto que llegó a ser popular durante los años 50 y 60. Este estilo de lucha contra el fuego, que todavía hoy tiene sus seguidores, tenía una serie de peligros asociados. Por ejemplo, la técnica dependía de la creación una excesiva cantidad de vapor súper calentado dentro de un compartimiento razonablemente no ventilado (habitación o espacio).

Esto se conseguía aplicando agua, en forma de spray, sobre las superficies calientes, paredes y techo dentro del compartimiento envuelto en fuego, lo que frecuentemente exigía que los bomberos trabajasen en condiciones extremas, y podían sufrir quemaduras por vapor y agotamiento por calor

Había también un problema causado por el “efecto pistón” causado por la expansión del vapor que empujaría el humo, el calor y ocasionalmente el fuego dentro de partes relativamente no afectadas de la estructura, obligando algunas veces a los ocupantes a saltar desde las ventanas exteriores de los pisos altos. En términos de aplicación, los bomberos eran frecuentemente atrapados por sus propias acciones, puesto que el equilibrio térmico dentro del compartimiento era sometido a un “efecto envolvente”, ya que la aplicación indirecta del agua empujaría el fuego y el calor hacia la pared más lejana antes de moverse hacia arriba y cruzar el techo, retornando hacia abajo y rodeando el avance de los bomberos.

En contra de esto, los principales objetivos de la técnica **3DWF no están dirigidos** a dominar el modo de supresión, sino a completar la aproximación táctica, creando un ambiente confortable y **seguro** en el que los bomberos puedan trabajar con efectividad durante la extinción en general y las situaciones de rescate. Idealmente las aplicaciones son dirigidas a prevenir cualquier ignición de los gases de fuego, apagando, mitigando y controlando los peligros asociados **Flashover y Backdraft**. Esta técnica de aplicación requieren precisión y depende de la utilización del equipo adecuado, del efectivo procedimiento de aplicación y del entrenamiento apropiado y periódico.

Agua en forma de spray.

¿Cuándo un chorro contra incendios llega a ser spray y cuándo un spray llega a ser una niebla o neblina?. Estas son cuestiones a las que muchas investigaciones han intentado dar respuesta. El tema es de particular relevancia para los fabricantes de sistemas de extinción por agua nebulizada. Estas instalaciones fijas se utilizan como sustitutos de los sistemas fijos por gas Halón. Herterich⁴ identificó la necesidad de una terminología consecuente cuando se habla de los sprays, especialmente cuando se considera el tamaño de las gotas. Grant & Drysdale⁴ adaptaron un espectro de tamaño de gotas para demostrar el amplio campo de posibilidades. Un tamaño entre 100 – 1000 micrones (0,1mm – 1.0mm) fue el más interesante en términos de extinción y corresponde al tamaño de las gotas de una lluvia ligera o una llovizna. El límite entre “spray” y “niebla” queda un tanto arbitrario. La NFPA sugiere que una definición práctica de “niebla de agua” puede ser la de un spray en el cual el 99% del volumen de agua está formado por gotas de menos de 1000 micrones de diámetro (1,0mm). Esto comparado con el sistema convencional de sprinkler, en el que el 99% del volumen tiene un diámetro del orden de 5000 micrones (5,0mm). Algunos consideran esta definición de la NFPA de niebla como demasiado pobre en relación a los sistemas fijos de extinción por agua nebulizada.

Una definición alternativa⁵ fue avanzada sugiriendo que una “niebla” debería tener el 99% del su volumen con un diámetro de gota igual o por debajo de 500 micrones (5,0mm). La mayoría de los SFEAN producen gotas entre 50 – 200 micrones y está generalmente aceptado que un tamaño de gota de menos de 20 micrones son necesarios para que un “spray” tenga atribuciones reales de “gas”.

¿Qué es la refrigeración de la capa gaseosa?.

En 1990 el Fire Experimental Unit de UK completó unas investigaciones sobre al uso del agua en forma de spray en fuegos de compartimentos. Se pudo observar⁶ que los bomberos seguían una natural enfoque en “tres fases” cuando atacaban a un fuego en fase de post-Flashover.

Fase Uno: Enfriamiento de la habitación con spray antes de entrar, con lo que se conseguía un rápido enfriamiento de la temperatura (1500° F – 750° F / 815°C – 400°C).

Fase Dos: Tras unos 60 segundos de la fase uno de ataque, el bombero avanzaría dentro de la habitación para comenzar un ataque directo al fuego (750° F – 375° F / 400°C – 190°C).

Fase Tres: La extinción final tendría lugar en los puntos calientes locales (375° F – por debajo / 190°C –).

Está ampliamente aceptado que rociando agua en las partes altas (la capa de gases súper calentados o ardiendo cerca del techo) en un compartimiento envuelto en fuego, generalmente crea un ambiente más seguro y más confortable para el bombero que avanza en el interior. Este enfoque puede ser clasificado bajo la Fase Uno como una “refrigeración de la capa gaseosa”. Sin embargo, si el operador de la lanza no está entrenado en la técnica 3DWF, entonces una cantidad de agua puede impactar con las superficies calientes dentro del compartimiento, causando una repentina transformación en vapor súper calentado. Esto debe evitarse, ya que esta aplicación está más cerca del viejo “ataque indirecto”, con sus peligros asociados. Es esencial que la refrigeración de la capa gaseosa sea llevada con gran control y precisión y con un básico entendimiento de cómo realmente funciona la técnica 3DWF.

Ha habido muchas investigaciones sobre los efectos de la refrigeración de la capa gaseosa, pero la mayoría de estos han ido dirigidos hacia los sistemas fijos de agua nebulizada o a los sistemas de sprinkler, teniendo una menor consideración el efecto de las aplicaciones en la extinción manual. Sin embargo muchos de los trabajos que han usando modelos de ordenadores y pruebas de laboratorio, son de gran relevancia para la técnica de aplicación 3DWF, particularmente en lo que se refiere al tamaño ideal de gotas, la interacción entre las gotas de agua y los penachos de fuego flotando, así como la trayectoria y tiempo de “vuelo” (o tiempo de permanencia). Se admite también que existe una “**entrada de aire**” durante la descarga, el cual produce una combustión más intensa durante los estados iniciales de la aplicación.

En términos de sprays para extinción, se ha observado⁷ que una continua descarga dentro del compartimiento del fuego incrementará la temperatura de la habitación, particularmente en el punto de entrada, alrededor de un 14%, por un periodo de 2 a 5 segundos antes de que el enfriamiento de la capa gaseosa tenga lugar. Esta observación fue grabada mientras se aplicaba un caudal constante (sin pulsaciones) de 0,5 galones por segundo (aprox. 2 litros/sg) con un spray ajustado en un **cono de 26 grados**. Tal efecto puede ser extremadamente desconcertante para el bombero de la lanza. Sin embargo, utilizando correctamente las técnicas de 3DWF en el surtidor, habrá una insignificante entrada de aire y un inmediato efecto refrigerante.

Las modernas lanzas de lucha contra incendios producen sprays a través de la presión, atomizando el efecto y obteniendo lo que se denomina spray “poli disperso”, formado por un amplio rango de tamaño de gotas, variando entre las gruesas y las muy finas. Hay varios métodos para medir el tamaño de las gotas dentro de un spray, pero los resultados son frecuentemente conflictivos y dependen del método utilizado. Se ha sugerido que existe un tamaño óptimo de gota para la extinción, pero este nunca ha sido logrado ya que los objetivos son variables. En términos teóricos es bastante sencillo averiguar el tamaño óptimo, pero en situaciones reales un spray de extinción tiene que enfrentarse con varios factores cuando se inyecta dentro de un masa hostil de gases de fuego súper calentados. Cuanto más pequeñas son las gotas, mayor es su capacidad de refrigeración, pero si son demasiado pequeñas, es probable que éstas sean llevadas por las corrientes térmicas, evitando que alcancen el origen del fuego. Esta pérdida de agua a los alrededores es particularmente importante cuando el objetivo es **la extinción final** del origen de fuego con un spray. Para la refrigeración de la capa gaseosa, este efecto no es importante y el tamaño de las gotas dentro del spray puede ser reducido. La lanza de lucha contra incendios ideal producirá un spray con gotas suficientemente pequeñas como para suspenderse en el aire al menos cuatro segundos, optimizando así las aplicaciones de la técnica 3DWF durante el enfriamiento de la capa de gas. Sin embargo, esta lanza también será lo suficiente versátil como para cambiar desde spray a chorro recto y volver de nuevo a chorro con facilidad, de tal manera que permita ataques directos a la fuente del fuego. Con esto en mente, ha sido aceptado, de manera general, que un spray de agua con un tamaño medio de gotas de 300 micrones (0,3mm) es el ideal para la refrigeración de la capa gaseosa cuando se usa la técnica 3DWF.

Ha habido algunas críticas con respecto al efecto de “**inversión de la temperatura**” que se produce cuando se usa un spray con gotas de 300 micrones de tamaño. Este efecto ocurre cuando la refrigeración de la capa superior es tan rápida y completa, que la temperatura a nivel del suelo, algunas veces, excede la temperatura de los niveles superiores durante algunos segundos. Se ha sugerido que tal inversión de la temperatura es buena, ya que la temperatura del suelo es simplemente incapaz de enfriarse tan rápidamente como los gases de fuego inflamables. Esto es debido a la completa evaporación de las finas gotas de agua en las partes altas.

No significa que la temperatura del suelo aumente durante la aplicación, sino simplemente que el enfriamiento de la capa de gas de los niveles superiores es tan completa que hay pocas gotas restantes para enfriar el suelo.

El tamaño ideal de las gotas para la refrigeración de la capa gaseosa fue tratado en un informe conjuntamente subvencionado por el "Finnish and Swedish Fire Research Boards", en el que se mostró que las gotas de menos de los 200 micrones y las de más de 600 micrones creaban excesiva cantidad de indeseable vapor de agua durante las pruebas, mientras que aquellas gotas en el rango de 400 micrones (0,4mm) optimizaban la refrigeración de la capa de gas. La interacción de las corrientes térmicas cuando se usaban las gotas más pequeñas, obligaba a aplicar cantidades adicionales de agua para conseguir un efectivo índice de refrigeración. De la misma manera, en el caso de las gotas más grandes, una gran cantidad de agua alcanzaba las superficies calientes (las gotas más grandes son más pesadas y tienen menos tiempo de permanencia en los gases). Este hecho fue también constatado en una serie de pruebas⁸ en USA, en las que la temperatura de las paredes dentro de un compartimento envuelto en fuego era enormemente reducida en proporción al aumento del tamaño de las gotas, produciéndose una gran evaporación y un enfriamiento fuera de los gases de fuego, durante los primeros dos minutos de aplicación:

Sprays con gotas de **330** micrones disminuían la temperatura de las paredes 57° C.

Sprays con gotas de **667** micrones disminuían la temperatura de las paredes 124° C.

Sprays con gotas de **779** micrones disminuían la temperatura de las paredes 195° C.

Esto demostró, una vez más, que los sprays con gotas más grandes alcanzarán las superficies calientes (especialmente paredes y techos), lo que creará una excesiva cantidad de vapor y una menor contracción de los gases de fuego. La refrigeración de la capa gaseosa es sólo efectiva cuando la gotas se evaporan en los gases de fuego, **evitando a toda costa el contacto con las superficies calientes.**

3

Aplicación del agua nebulizada Tridimensional

A principios de los años 80, tras un Flashover en el que murieron dos bomberos suecos, los bomberos de Estocolmo empezaron a practicar las técnicas desarrolladas por Gisselson & Rosander⁹ y que estaban dirigidas a protegerles de los peligros asociados Flashover y Backdraft. Estas técnicas se basaban en la utilización de una lanza de spray (T&A Fogfighter) para aplicar una fina niebla de agua dentro de la capa superior de gases de fuego, usando una serie de **chorros** cortos (utilizando una técnica de “**pulsing**” en el surtidor). El objetivo era evitar el contacto con las superficies calientes (paredes y techos), y poner pequeñas cantidades de gotas de agua directamente dentro de los gases, maximizando el efecto de refrigeración. La aplicación evitaba la masiva expansión del vapor y otros problemas asociados con el “ataque indirecto” con agua nebulizada, creando un seguro y confortable ambiente para los bomberos que avanzaban dentro y antes de atacar a la fuente principal del fuego. El concepto Sueco (también llamado “*lucha ofensiva*”), se basaba en el reconocimiento de que el desarrollo de un fuego sigue un proceso y se hacía un gran hincapié sobre la observación de signos de aviso específicos que podrían llevar a la inflamación de los gases de fuego, es decir Flashover y Backdraft. Los beneficios de las aplicaciones 3DWF son iguales tanto en situaciones de pre-Flashover como en fuegos en fase de post- Flashover.

Situaciones de Pre-Flashover.

El agua nebulizada es aplicada en la ruta de aproximación al fuego, incluso fuera del compartimiento mismo, para inertizar los gases de fuego que pueden estar tanto súper calentados como fríos. El objetivo es suspender una niebla de finas gotas de agua en las partes altas para **prevenir o mitigar el potencial de cualquier combustión gaseosa**. Es muy probable que esta técnica haya salvado la vida de muchos bomberos mientras trabajaban bajo las duras condiciones de un fuego estructural.

Una aplicación más amplia hace uso de la presión negativa existente por debajo del “plano neutro”, donde el aire está siendo llevado hacia el fuego. Una cantidad de gotas de agua pueden ser puestas dentro de este “curso de aire” para maximizar el efecto de las aplicaciones de 3DWF. Ambas aplicaciones son precisas y requieren una efectiva acción de “pulsing” en el surtidor, con atención al ángulo del cono (diámetro del patrón de spray) y ángulo de aplicación (con relación a la horizontal).

Fuegos en fase de Post-Flashover.

En las situaciones en que el fuego se ha desarrollado hasta su fase de Flashover y más allá, las aplicaciones 3DWF pueden ser usadas para extinguir cualquier combustión gaseosa con un seguro y rápido control. Esta habilidad requiere un intensivo entrenamiento, en el que el bombero se enfrente a Flashovers reales en un simulador de fuego (container), en el que son presenciadas las etapas de progresión del fuego, y en el que las pulsaciones del surtidor son practicadas para controlar las condiciones con seguridad y rapidez. En un Flashover todo ocurre rápidamente y el bombero debe experimentar varias situaciones de entrenamiento que le permitan ganar confianza en estas situaciones de vida o muerte.

Para conseguir resultados efectivos, **el cono de niebla y el ángulo de aplicación** son tan importantes como los aspectos prácticos de las pulsaciones en el surtidor. Por ejemplo, un cono de niebla de 60° aplicado en un ángulo de 45° del suelo dentro de una habitación de tamaño medio (unos 50 m³), contendrá alrededor de 16m³ de gotas de agua. Un chorro de un segundo de duración desde una línea de 100 litros por minuto de caudal, pondrá aproximadamente 1,6 litros de agua dentro del cono. Para el propósito de esta explicación consideremos una simple unidad de aire calentada a 538° C, con un peso de 0,45 Kg. , y con un volumen de un metro cúbico. Esta simple unidad de aire es capaz de evaporar 0,1 Kg. (0,1 litro) de agua, que como vapor (generado a esa temperatura, típica de un fuego en un compartimento que raya el Flashover) ocupará 0,37m³. Cuando se utiliza un ángulo de cono de 60°, este ocupará el espacio de 16 unidades de aire a 538° C. Esto significa que 1,6 Kg. (16 x 0,1 Kg.) o 1,6 litros de agua, puede ser evaporada, es decir la cantidad exacta que es descargada dentro del cono durante un única ráfaga de un segundo. Esta cantidad de agua es evaporada en los gases **antes de que** alcance las paredes y el techo, maximizando el efecto de refrigeración en la capa superior. Se puede comprobar que, aplicando demasiada agua, esta pasará a través de los gases, creando indeseables cantidades de vapor al alcanza las superficies calientes dentro del compartimento.

Ahora, recurriendo a los cálculos de Charles Law, podemos observar cómo los gases han sido realmente enfriados, produciéndose una **contracción** de los mismos. Cada unidad de aire dentro del cono ha sido ahora enfriada a unos 100° C y ocupa un volumen de sólo 0,45 m³. Esto causa una reducción del volumen total de aire (dentro de los límites del espacio de cono) de 16 m³ a 7,2 m³. Sin embargo, a esto bebemos sumar los 5,92 m³ de vapor de agua (16 x 0,37) generados a 538° C dentro de los gases. Este efecto se traduce en la creación de una presión **negativa** dentro del compartimento por la reducción del volumen total de 50 m³ a 47,1 m³, con una simple ráfaga de agua nebulizada. Cualquier corriente de aire que puede haber tenido lugar en la lanza será mínimo (alrededor de 0,9 m³) y la presión negativa es mantenida.

Por supuesto, en una situación real, el área entera es una gran masa de calor, en la que la temperatura del aire y la presión del compartimiento volverán a aumentar inmediatamente, a menos que las aplicaciones sean efectivamente avanzadas.

Con práctica, las verdaderas “pulsaciones” pueden durar sólo 0,1 a 0,5 segundos, permitiendo que las líneas con mayor capacidad de caudal sean usadas con igual efecto. Estos son mis cálculos basados en la teoría de 3DWF. Cálculos más exactos serían necesarios para satisfacer cualquier crítica científica, aunque yo he sido asesorado por los científicos de UK National Fire Research Station y, teniendo en cuenta las variables asociadas con el tamaño de las gotas, el resultado final sería similar al mío.

Aspectos prácticos de las aplicaciones 3DWF.

La aplicación de la técnica 3DWF en fuegos reales requiere operadores de lanza que posean un claro entendimiento de los objetivos y capacidades de tal técnica. Estos bomberos deben también estar extremadamente entrenados en el manejo del surtidor y en las “pulsaciones”. Tal habilidad sólo puede ser adquirida por el entrenamiento regular en simuladores de fuego construidos al efecto o en container de transporte de acero reconvertidos. Un mayor interés debería ser dirigido a la provisión y mantenimiento del equipo adecuado y los surtidores, así como a la adopción de una efectiva estrategia de lucha contra incendios para completar las técnicas.

En situaciones de fuego real la perfecta aplicación es difícil de conseguir, y una pequeña cantidad de agua puede impactar contra las superficies calientes dentro del compartimiento. Incluso así, el operador de la lanza debería intentar un rango de enfriamiento de 2 a 1, en favor de los gases calientes sobre las superficies, para evitar que la aplicación se convierta en un “ataque indirecto”. Tal aplicación requiere **un ángulo de cono entre 40 y 60°** y debería ser aplicado en **un ángulo de unos 45° del suelo**. En la oscuridad de una habitación llena de humo tal precisión puede ser difícil de conseguir. Sin embargo, los modernos surtidores para el **control de Flashover** están ahora frecuentemente provistos con anillos selectores, que son capaces de informar al operador de la lanza, en condiciones de baja o nula visibilidad, cuando se consigue el cono ideal. Existen algunas enseñanzas que intentan lograr un diámetro de patrón de niebla que impacte en una superficie de un metro cuadrado dentro del compartimiento. Esto es erróneo. Primeramente, el concepto de las aplicaciones 3DWF es evitar el contacto con las superficies; y en segundo lugar, en un compartimiento de tamaño medio, tal efecto requeriría un ángulo de cono de **20°**. Este ángulo de patrón de spray sólo conseguiría una zona de cobertura tridimensional de **un sólo m³**, a diferencia de los 7 m³ en un ángulo de cono de **40°**, o los 16 m³ en un ángulo de cono de **60°**.

El término tridimensional sugiere que tales aplicaciones son medidas en capacidades cúbicas, por lo tanto, se puede ver que ángulos de cono o diámetros de patrón por debajo de los 40° fallan en la consecución del efecto óptimo de refrigeración de la capa gaseosa. Adicionalmente, cuanto más estrecho es el cono, más aire entra en la lanza. En cuanto a los ángulos de aplicación, en una habitación de tamaño estándar de 2000 pies cúbicos (50 m³), el operador del surtidor debería intentar dirigir el centro del spray a la esquina más lejana de la habitación, donde el techo se encuentra con las paredes. Esto pondrá el corazón del chorro aproximadamente a un 45° del suelo.

Este ángulo reducirá la cantidad de agua que impacta sobre las paredes y el techo y optimizará la aplicación, poniendo la mayoría de las gotas de agua del cono directamente dentro de los gases.

Las “pulsaciones” en el surtidor son creadas por rápidos movimientos de apertura y cierre de la palanca de control o gatillo. Esto se logra con alguna práctica y algunos surtidores son más adecuados que otros. Idealmente las pulsaciones deberían durar entre 0,1 y 0,5 segundos y pondrían un fino rango de gotas de agua dentro de la capa superior por unos breves segundos. Mientras las pulsaciones de spray de agua se evaporan, el área llega a “empañarse” con vapor de agua, pero esto ocurre bajo el estricto control del operador de la lanza, el cual, con experiencia, aprenderá a aplicar las pulsaciones para conseguir el efecto óptimo. Cualquier movimiento de barrido del surtidor perturbará el **equilibrio térmico** dentro del compartimiento y forzará al calor a descender a las partes más bajas de la habitación ocupadas por la dotación de ataque. De la misma manera, continuas pulsaciones de más de un segundo pueden causar un efecto “pistón” que empuje el fuego hacia áreas no afectadas, espacios de tejados, etc. La técnica 3DWF ha sido frecuentemente llamada “*hole punching*”, ya que el operador de la lanza intenta “perforar” el colchón de los gases de fuego que cuelgan en la parte alta con cortas inyecciones de gotas de agua. Este efecto causará el enfriamiento de los gases y su contracción, creando un efecto de inertización dentro del colchón mismo.

Un estudio realizado por Fairfax Country Fire Department en 1995 comparó las capacidades de refrigeración de los chorros de calibre liso con los chorros de los surtidores combinados, tanto en patrones rectos como en patrones más anchos. Usando termopares protegidos, se pudo comprobar que el patrón de niebla de los surtidores combinados era tres veces más efectivos en la refrigeración de la capa superior, que el chorro de calibre liso. Sorprendentemente, incluso el chorro recto de un surtidor combinado fue también dos veces más efectivo que el chorro de calibre liso en el enfriamiento de las llamas de la parte alta. Los bomberos envueltos en las pruebas llegaron a la conclusión de que ellos preferirían tener la flexibilidad de un surtidor combinado para cualquier operación de lucha interior.

En 1994 la *US Navy's Naval Research Laboratory* (NRL) inició un estudio a bordo del barco de pruebas de fuego a gran escala de la Navy, para determinar los beneficios e inconvenientes del uso de 3DWF, en comparación con el tradicional ataque con chorro recto para extinguir un fuego creciente de clase A, dentro de un compartimento de 73 metros cúbicos. La carga de fuego comprendía maderas y paneles de aglomerado, iniciándose el fuego en un charco de n-Heptano. Para proporcionar más realismo, se pusieron obstáculos entre el origen del fuego y el punto de entrada al compartimento. Esto obligó a los equipos de ataque a avanzar bastante adentro del compartimento antes de que un ataque directo a la base de las llamas fuese conseguido. Una línea de 38 mm, con un caudal de 360 lpm fue usada para ambos ataques, tanto con agua nebulizada como con chorro recto.

Cuando se utilizó el patrón de niebla, el agua fue “pulsada” en cortas ráfagas, utilizando un cono de 60° aplicado hacia arriba en un ángulo de 45°, dentro de las llamas en la capa superior de gases. Después de que la combustión de los gases fue extinguida, los bomberos avanzaron a la base del fuego para completar la extinción usando un chorro recto.

Se colocaron termopares en varios niveles para registrar las temperaturas durante toda la prueba. De la misma manera, la cantidad total de agua que se utilizó fue anotada. Se pudo comprobar que el uso de la técnica 3DWF fue la más efectiva para el control de las condiciones ambientales, manteniendo el equilibrio térmico inalterable y produciendo una mínima cantidad de vapor. En comparación, el ataque con chorro compacto creó excesivo vapor, alterando el equilibrio térmico y causando quemaduras al operador de lanza, incluso forzándole, algunas veces, a retirarse del compartimento. La reducción de la temperatura del compartimento fue también más rápida con la técnica de “pulsaciones” con el patrón de niebla.

El informe terminaba con la conclusión de que la estrategia de ataque de la técnica 3DWF era el mejor método para mantener un seguro y efectivo acercamiento a un compartimento envuelto en fuego, cuando el acceso directo a la base del fuego no puede ser inmediatamente ganado.

El siguiente suceso fue presentado por el autor en una convención de Jefes de bomberos irlandeses en 1998. En este se presenta una simulación típica de fuego estructural, progresando hacia las condiciones de Flashover, y demuestra cómo la técnica 3DWF puede ser utilizada para completar una acción de ventilación táctica o una operación con VPP.

“Mientras andábamos a gatas dentro de la habitación, el rugido del fuego era algo desconcertante. El espeso humo iba depositándose, dejando el plano neutro a unos cinco pies sobre el nivel del suelo y el calor que era radiado hacia abajo desde el techo podía sentirse claramente a través de las sólidas capas de nuestra ropa protectora.

Miré directamente encima de nuestra posición, dentro de la oscuridad del humo, y noté como lenguas de llamas amarillas rodaban por el techo, separándose del cuerpo principal del fuego que ardía en la esquina más lejana del compartimiento. Habíamos avanzado unos 4 pies dentro de la habitación cuando alargué la mano para coger el surtidor del carrete de alta presión y descargué la más breve pulsación de agua nebulizada dentro del estrato superior, encima de nuestras cabezas. No hubo retorno de gotas en términos de partículas de agua y el sonido de borboteo sugería que la niebla estaba haciendo su trabajo en la capa de gases súper calentados. Las lenguas de fuego se dispersaron por unos pocos breves segundos, antes de reanudar su misterioso serpenteo hacia el punto de acceso abierto (puerta) situado detrás de nosotros. "Aguanta el agua" gritó Miguel. Mientras avanzábamos lentamente dentro de la habitación, me di cuenta de que estaba poniendo mi más profunda confianza en aquel hombre.

El humo continuaba depositándose alrededor de nosotros y observé sobrecogido cómo varias bolsas de gases de fuego se inflamaban, cada una por un breve segundo, enfrente de mis ojos, a unos tres pies del suelo.

Podía sentir como el momento del Flashover se estaba acercando rápidamente e instintivamente alargué la mano para coger el surtidor de nuevo. "ESPERA", gritó Miguel mientras alargaba la mano hacia atrás y daba una patada a la puerta de acceso casi cerrada. Me sentí extremadamente vulnerable pero entonces, como si se apagase con un grifo, el fuego repentinamente perdió su rugido y las llamas que rodaban por encima se dispersaron completamente. Todo se hizo oscuro, mientras el fuego chisporroteaba y el humo se depositaba hacia el suelo. Hubo un misterioso silencio dentro de esta intensa experiencia. Miguel me quitó el surtidor de las manos y descargó varias breves pulsaciones de agua nebulizada, en un ajuste amplio, en las partes altas de la habitación. De nuevo no hubo retorno de gotas y se podía casi sentir las partículas de agua suspendidas dentro de la capa de gases inflamables súper calentados. La presión del vapor y la humedad fueron insignificantes y cualquier movimiento de aire fue inadvertido. La radiación térmica desde arriba había disminuido considerablemente reduciendo la posibilidad de Flashover. Entonces oí la voz de Miguel pidiendo una acción de ventilación táctica exterior y, casi instantáneamente, la capa de humo empezó a elevarse mientras los bomberos en la calle abrían la ventana de la habitación. El fuego en la esquina de la habitación volvió a activarse visiblemente de nuevo mientras incrementaba su intensidad, sin embargo esta vez las lenguas de fuego en la capa del techo eran dirigidas hacia la ventana abierta y lejos de nuestra posición.

Miguel Basset era el Oficial Jefe de bomberos de Valencia, en España. Era un hombre práctico que había aprendido mucho sobre el fuego y su comportamiento bajo varias condiciones. Él había "jugado" con fuego durante muchos años, experimentando junto con su fiel equipo de bomberos, llevando los parámetros de la ventilación a sus límites, en un intento de calcular sus efectos sobre el desarrollo del fuego.

Dentro de la ardiente profundidad de esta situación de entrenamiento en una casa abandonada, Miguel me enseñó mucho sobre el control del fuego. Había demostrado, con bastante claridad, cómo los bomberos pueden utilizar acciones de ventilación táctica para atacar a un fuego y que, simplemente cerrando la puerta de acceso o abriendo una ventana en su nivel más alto, se puede evitar o retrasar una situación de Flashover o Backdraft. También mostró como los bomberos pueden reducir la radiación térmica desde la parte alta, invirtiendo la dirección de los penachos de fuego lejos del punto de acceso, como se describió.

Estrategias y tácticas en la aplicación del ataque ofensivo.

Como se puede ver, el uso de las técnicas de refrigeración de la capa gaseosa pueden ser efectivas y seguramente **complementar** los aspectos operacionales asociados con la ventilación táctica, en una situación de un fuego o, incluso, el uso de ventilación por presión positiva. Como con cualquier estrategia, es importante que los niveles de comunicación en la escena del fuego sean establecidos y mantenidos. Las dotaciones interiores son las que están en posición de decidir cuándo y si las operaciones de ventilación deben comenzar, comunicando tal petición al Jefe de Siniestro, el cual tiene la responsabilidad general de iniciar tales acciones.

Las implicaciones tácticas relacionadas con la técnica 3DWF, se inician antes de la entrada a una estructura envuelta en fuego. Todos los equipos deberían cumplir, siempre que sea posible, la regla “**dos dentro / dos fuera**”¹⁰ (29 CFR 1910.134). Idealmente, donde la cantidad de bomberos lo permita, una segunda línea de apoyo debería ser colocada para operar detrás de la primera línea. En términos de aplicación, los bomberos europeos han utilizado extremadamente bajos caudales mientras usan las técnicas 3DWF con carretes de alta presión, descargando caudales tan bajos como 25 gpm (unos 100 lpm). Sin embargo, para una práctica segura y conforme a las directrices de la NFA en cuanto a caudal, una línea de 200 gpm (unos 750 lpm) con surtidor de niebla es normalmente suficiente, por cada 6000 pies cúbicos de fuego envolviendo una estructura. Esta cifra es de particular relevancia cuando grandes espacios abiertos en plantas de edificios de altura llegan a estar envueltos.

Procedimientos de apertura y entrada. Antes de que los bomberos hagan la entrada al compartimento del fuego, se les enseña a “pulsar” algunas gotas de agua en la parte superior de la puerta de entrada, justo un segundo antes de abrir la puerta. Si se trata de un compartimento adjunto, hall o pasillo, esta acción puede prevenir la inflamación de los gases súper calentados mientras estos salen.

Hay siempre un peligro en este momento, ya que si estos gases se inflaman, pueden quemar hacia atrás, dentro del compartimiento, creando un efecto "**Flash back**". La aplicación inicial de agua nebulizada, en un ángulo de cono de 60° fijado fuera del compartimiento, empieza con este efecto de pulsación en la zona superior del punto de acceso, para evitar o apagar cualquier posibilidad de "Flash back" y, entonces, aplicar unas **breves series de pulsaciones** en la corriente de aire que entra en el compartimiento por debajo del plano neutro. Esta acción transportará algo de agua hacia la base del fuego y puede tener un inmediato efecto refrigerante y sofocante cerca de la fuente de las llamas. En este punto, los bomberos deberían avanzar sus líneas de ataque unos cuatro pies (aprox. 1,20 m) dentro de la puerta del compartimiento, y comenzar con unas series más amplias de pulsaciones hacia la parte alta del compartimiento. La primera debería ser directamente encima de sus cabezas para comprobar las condiciones, buscando signos de retorno de gotas y escuchando sonidos de borboteo mientras las gotas se evaporan. Esto es seguido inmediatamente por una descarga de pulsaciones hacia la parte alta, usando un ángulo de aplicación de 45°, intentando apuntar o dirigir hacia la esquina más lejana de la habitación, donde el techo se encuentra con las paredes. El surtidor debe moverse en pequeños círculos, mientras el operador pulsa hacia las partes altas, para ganar la máxima cobertura de los gases de fuego, pero evitando el efecto de barrido. El operador de la lanza debe encontrar el equilibrio entre poner la adecuada cantidad de agua nebulizada en las partes altas y evitar empapar, leyendo la situación mientras evoluciona. El equipo de manguera está entonces en posición de avanzar más adentro en el compartimiento, pulsando hacia las partes altas mientras avanzan. Si existe una clara capa de visibilidad debajo del plano neutro, cerca del nivel del suelo, esta debería ser mantenida pulsando hacia los gases y evitando contacto con las superficies calientes. Esta capa puede entonces ser usada para localizar tanto el fuego como las víctimas que puedan estar sobre el suelo. Manteniendo el equilibrio térmico de esta forma y diluyendo la capa de gases de las partes altas, el compartimiento llegará a estar sensiblemente más fresco y la posibilidad de cualquier inflamación de gases de fuego es considerablemente disminuida.

Algunos bomberos europeos, especialmente los suecos, prefieren cerrar parcialmente la puerta del compartimiento detrás de ellos cuando entran. La base de tal acción es mantener "el control del aire", limitando la cantidad de aire que alimenta el fuego. Tal estrategia está desaprobada por muchos otros, especialmente por aquellos que no utilizan ningún sistema para evitar el cierre de la puerta. Tales sistemas, evitarían al menos que la puerta se atascase cerrada si ocurriese Backdraft y la posibilidad de que la línea se enganche bajo la puerta.

La dotación interior debe evaluar constantemente las condiciones del compartimiento y tener en cuenta cualquier efecto que el tamaño de la abertura tiene en el desarrollo del fuego. Esta abertura puede hacerse mayor o menor en cualquier etapa de las operaciones, de manera que podamos modificar cualquiera de las siguientes condiciones:

1. La altura del Plano Neutro.
2. La cantidad de calor que se está radiando desde el techo.
3. La intensidad del fuego.
4. La dirección de los penachos de fuego a nivel del techo.
5. La temperatura dentro del compartimiento.

Sin embargo, cerrando la puerta de acceso, la producción y contención de gases de fuego se incrementa y las acciones de pulsación en la lanza llegan a ser extremadamente importantes para inertizar la atmósfera en el interior de la habitación. Los beneficios de mantener el “control del aire”, se demuestran viendo las siguientes temperaturas, grabadas durante una típica situación de entrenamiento en el container:

Puerta de acceso cerrada – La temperatura desciende (ninguna acción de extinción hecha).

De 1500° F a 1100° F a nivel del techo en 20 segundos (800 – 600°C).

De 1470° F a 750° F a 5 pies del suelo en 20 segundos (800 – 400°C).

De 1100° F a 570° F a 3 pies del suelo en 20 segundos (600 – 300°C).

Puerta de acceso abierta – La temperatura aumenta (ninguna acción de extinción hecha).

De 750° F a 1470° F a 5 pies del suelo en 20 segundos (400 – 800°C).

Puerta de acceso cerrada de nuevo – La temperatura desciende (ninguna acción de extinción hecha).

De 1470° F a 840° F a 5 pies del suelo en 20 segundos (800 – 450°C).

El flujo de calor radiante desciende repetidamente por debajo de niveles críticos (20 Kw./sq.m), cada vez que la puerta es cerrada, superando este nivel en 20 segundos cada vez que la puerta es abierta, influenciando directamente la posibilidad de Flashover.

En su libro, David Birk¹¹ describe modelos de ordenador que reproducen las condiciones de un fuego real en una habitación de un hotel. Con ello investiga los efectos que diferentes aperturas de la puerta de acceso tienen sobre el crecimiento y el desarrollo del fuego. Con el fuego inicialmente restringido a una silla ardiendo, él registra tiempos para Flashover que son enormemente afectados por tales aperturas:

- Con la puerta abierta 36 pulgadas (90cm) - Flashover alcanzado en 2,38 minutos.
- Con la puerta abierta 12 pulgadas (30cm) - Flashover alcanzado en 2,82 minutos.
- Con la puerta abierta 6 pulgadas (15cm) - Flashover alcanzado en 4,28 minutos.
- Con la puerta abierta 3 pulgadas (7cm) - Flashover alcanzado en 6,97 minutos.
- Con la puerta cerrada - No se alcanza Flashover.

También fue constatado que la capa caliente del plano neutro, que fue medida a 3,3 pies desde el suelo (aprox. 1m) con la puerta cerrada, subió a unos 5,6 pies (aprox. 1,70m) con la puerta abierta 36 pulgadas (90cm).

Observando el comportamiento del fuego. El operador de la lanza debe observar las condiciones de las proximidades, valorando cualquier posibilidad o potencial para una inflamación de gases de fuego. Las partes altas deberían ser evaluadas, buscando signos de llamas en la capa de gases, ya que estas son un signo seguro de que un Flashover se acerca. En niveles más bajos, la existencia de bolsas de gases inflamándose brevemente a unos 2-3 pies del suelo (60-90cm), es otro signo de un inminente Flashover. Signos de un rápido movimiento de aire por debajo del plano neutro, es un seguro signo de aviso para retroceder detrás de unas pulsaciones de agua nebulizada, ya que un Backdraft puede sobrevenir en pocos segundos. El bombero debería también buscar “rodillos” de humo, particularmente humo negro, que puede algunas veces ser vistos en la entrada, ya que estos son otro signo de aviso de Backdraft. Otro signo de aviso de condiciones peligrosas, es la presencia de llamas de color azul, que pueden también servir como un indicador de Backdraft¹². Cuando la visibilidad es severamente restringida por el espeso humo, el bombero debe fiarse de sus sentidos. Un repentino incremento de la temperatura del compartimiento, forzando a los bomberos a agacharse extremadamente bajo, es un signo seguro de un inminente Flashover.

Combustión gaseosa y supresión de explosiones.

La idea de que la aplicación de la técnica 3DWF puede ser usada para suprimir o apagar atmósferas inflamables está bien fundamentada. Sin embargo, la investigación científica hasta la fecha se ha concentrado sobre los sistemas fijos de agua nebulizada, y sugieren que sprays extremadamente finos son necesarios para mitigar o prevenir los efectos de la propagación de las llamas en una mezcla de gas aire. Varias pruebas han sido realizadas para supresión de explosiones de todo tipo de gases inflamables y vapores de líquidos, en las que nieblas de agua extremadamente finas, han tenido éxito evitando la propagación de las llamas e inertizando atmósferas a un estado donde la combustión no tendría lugar. Un informe de FRDG⁴ se refiere a varios de estos estudios para informar que gotas de un tamaño inferior a 100 micrones (0,1mm) fueron usadas con un gran efecto de extinción. En términos de sprays de extinción, la existencia de tal tamaño de gotas, en la totalidad del ángulo espacial de un cono, normalmente no existe durante una aplicación media, pero se sugiere que las lanzas que producen gotas dentro del rango de 0,3 mm todavía proporcionarán un nivel efectivo de extinción dentro de la capa de gases inflamables. Si se produjese una inflamación de la capa de gases, las gotas de un patrón spray, servirán para mitigar los efectos explosivos.

Mientras que se requieren investigaciones más extensas en esta área, en términos de efectividad de los sprays de lucha contra incendios, se acepta generalmente que una constante aplicación de pulsaciones de gotas agua, suspendidas en la parte alta de un compartimiento súper calentado por el fuego, prevendrá la posibilidad de combustión gaseosa y aumentará los parámetros de supervivencia de los bomberos que ocupan el espacio.

Refrigeración de los gases y la aplicación de 3DWF en fuegos de edificios altos.

Los modernos espacios abiertos de plantas de oficinas son una característica común de los edificios de altura y presentan ciertas dificultades para los bomberos. El gran área abierta proporcionan una abundancia de aire para alimentar cualquier fuego y el moderno mobiliario de oficina presenta una fuente de combustible, con un Rango de Desprendimiento de Calor (RDC) extremadamente alto. Estos hechos, junto con un tiempo de respuesta más dilatado que para un siniestro normal, aseguran que los bomberos se van a enfrentar frecuentemente con una situación de humo y calor, particularmente donde no se han instalado sistemas de sprinkler. El estado de desarrollo del fuego puede encontrarse cerca de Flashover y esto, junto con la compartimentación del espacio en estaciones de trabajo, puede presentar llamas a nivel del techo, que evitará que los bomberos puedan realizar un ataque directo al origen del fuego, a menos que este esté cerca. Esta situación permitirá que una capa de gases de fuego altamente inflamables se acumulen a nivel del techo a lo largo de toda la extensión de la planta del fuego. Donde existen plantas que exceden los 200,000 pies cúbicos (5500 m³), la extensión del problema puede ser vista claramente. Un factor que impide montar un exitoso ataque a fuego bajo tales circunstancias, es la disponibilidad de agua en los pisos más altos de un edificio de altura.

Como se puede ver en la tabla dos, los 33 gpm de caudal, por 1000 pies cúbicos, requeridos por las directrices de la NFA, son raramente conseguido durante operaciones de extinción en edificios de altura. De hecho, los bomberos normalmente han tenido que luchar con caudales tan bajos como el 10% de los requerimientos “normales” en tales situaciones y, aún así han apagado el fuego.

Edificio y nº de plantas afectadas	Zona de fuego en pies cúbicos	Caudal en gpm / 1000CU.ft
- Interstate Bank L.A. - 4,5pls.	800,000	3
- Twin Towers WTC NYC -1pl.	100,000	6
- New York Plaza NYC - 2,5 pls.	400,000	5
- Empire State NY – 1 pl.	9,160	50
- Westvaco NYC – 1 pl.	60,000	17
- Churchill Plaza.	439,000	4

Tabla dos – Requerimientos de caudal de varios fuegos de edificios de altura.

Un ejemplo bastante reciente de tales fuegos ocurrió en el año 1992, cuando el séptimo piso de una torre de oficinas de 200 pies de altura (70 metros / 12 plantas) en Los Angeles, llegó a estar completamente envuelto. El fuego, que empezó en un despacho, se propagó para envolver la mayoría de los 400,000 pies cúbicos de la 7ª planta (11200 m³). A la llegada, justo después de las 10,05 horas, los bomberos de LAFD vieron llamas saliendo de las ventanas de la 7ª planta. El edificio estaba situado justo a unos pocos bloques del Interstate Bank Tower, la escena de la mayor conflagración en 1988.

En el piso del fuego, el Capitán de la 3ª Compañía Don Austin, informó que su Compañía había encontrado humo denso descendiendo hacia el nivel del suelo, con condiciones de calor moderado. Los bomberos de LAFD avanzaron su línea de ataque de 2 pulgadas (50mm), equipados con surtidor automático, unos 20 pies (7 m) dentro del piso del fuego, cuando observaron una suave luz naranja delante. A pesar de que ellos intentaron alcanzar el fuego, la línea de 2 pulgadas parecía no tener ningún efecto sobre las llamas. En 60 segundos desde que se abrió el surtidor, el fuego cruzó el techo y la dotación fue atrapada por llamas encima y detrás de ellos. Austin y su dotación, con sus cascos derretidos por el calor, consiguieron retroceder a gatas los 20 pies (7 m) hacia la seguridad del vestíbulo. Fue en este momento cuando todo el lado norte de la estructura se inflamó, con llamas saliendo por las 20 ventanas de la 7ª planta de ese lado del edificio. El fuego fue puesto bajo control por 263 bomberos, en una hora y 19 minutos desde el comienzo.

Un reciente informe de United States Fire Administration¹³, examina las tácticas de lucha contra incendios en edificios de altura y evalúa algunos de los problemas que los bomberos encuentran, particularmente en términos de presión y disponibilidad de agua en los pisos más altos.

Los requerimientos de la NFPA anteriores a 1993, dictaban que lanzas de chorro sólido conectadas a líneas de ataque de 2 ½ pulgadas (68 mm), con una presión mínima de 65 psi (4,5 bar) de salida desde la columna seca, serían necesarias para tales operaciones. La NFPA revisó estos requerimientos en 1993 e incrementó la presión mínima de salida a 100 psi (7 bar). Aún así, un informe de USFA aconseja a los servicios de bomberos prepararse para situaciones en las que un ataque a un fuego en un edificio de altura puede ser hecho bajo condiciones de baja presión. Esto puede ocurrir en edificios anteriores a 1993, o donde el sistema de columna seca o las válvulas de reducción de presión no funcionan correctamente. Entre sus recomendaciones, la USFA sugiere que las líneas de ataque deberían ser de un mínimo de 2 pulgadas de diámetro (50 mm) y tener un surtidor que pueda combinar los beneficios tanto del agua nebulizada como del chorro sólido. Tales surtidores son diseñados para ofrecer sus caudales a 75 psi / 5 bar (niebla) y a 50 psi / 3,5 bar (chorro sólido). Por definición, edificios de altura son todos los que tienen más de 10 plantas, aunque la mayoría de los así denominados están sobre esta altura. El factor clave en relación a la elección del surtidor es saber y probar los suministros y presiones en todos los niveles en estas estructuras.

Sólo entonces se podrá optar por un surtidor y un tamaño de manguera, ya que cada situación puede ser diferente. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que el equipamiento debe siempre dar respuesta al peor escenario y a los niveles más altos de un edificio de altura, lo que puede significar bajas presiones y un inadecuado abastecimiento de agua.

Aditivos al agua y sistemas de espumas por aire comprimido (CAFS).

El desarrollo de los aditivos al agua y los sistemas de espuma por aire comprimido (CAFS), han demostrado que el uso de agua como medio de extinción pueden ser mejorado con tales soluciones. Las investigaciones en el uso de tales aplicaciones en forma de spray, han demostrado que el efecto refrigerante de las finas gotas en suspensión se aumenta por la presencia de tales aditivos. Las aplicaciones ideales de refrigeración de gases y la técnica 3DWF son optimizadas incluso más y una marcada mejora se puede constatar en todos los aspectos en relación con el agua sola, particularmente en términos de supresión de explosiones.

Entrenamiento en el contenedor “Túnel de Fuego” del Sistema Sueco.

El simulador sueco de Flashover es una unidad de entrenamiento diseñada por Swedish National Survival board en el año 1986, después algunas pruebas y experimentaciones por los bomberos de Estocolmo. Actualmente se fabrican varias versiones del sistema, pero la mayoría se basan en el estilo original de contenedores de transporte de acero que, unidos, forman tanto el módulo de observación como el módulo de fuego.

El módulo de fuego está revestido con tableros de aglomerado de ½ pulgada, y un pequeño fuego de maderas se inicia para calentar el revestimiento, permitiendo la acumulación de abundantes cantidades de gases de fuego inflamables antes de que estos se inflamen en repetidas simulaciones. Esto permite a los bomberos observar el crecimiento del fuego y el desarrollo de sus etapas; la formación de la capa de gases inflamables; los efectos serpenteantes sobre la parte superior, y la inflamación de los gases mismos. Los efectos son bastante dramáticos con Rangos de Desprendimiento de Calor cercanos a los 3 MW, pero siempre bajo estrictos controles de seguridad que garantizan que el peligro para los bomberos es minimizado.

Es una forma efectiva de llevar a los bomberos a través de tales condiciones con un elemento de “control”. Aprenden a “leer” el fuego y son testigos de las inflamaciones de los gases de fuego. Mientras que los Flashovers no son reales Flashovers en su más amplia definición, los bomberos se enfrentan a las más severas condiciones de entrenamiento y tanto los ellos como la ropa de protección son probados al límite.

Mientras que están dentro del contenedor, se enseña a los alumnos no sólo cómo reconocer los peligros de la inflamación de los gases de fuego, sino también cómo enfrentarse a situaciones tanto de “pre” como de “post” Flashover. Las aplicaciones de refrigeración de la capa de gases y la técnica 3DWF, explicadas anteriormente, son practicadas una y otra vez hasta que el alumno llega a ser eficiente en el uso de diámetros de cono efectivos, ángulos de aplicación y técnicas de “pulsing”. Sin embargo es importante observar unas estrictas medidas de seguridad, con especial atención a las siguientes:

- a) Además de la línea/s usada en el container, una línea adicional debería ser cargada desde una fuente de abastecimiento diferente y operada fuera del sistema (Línea de Seguridad).
- b) Las cualidades de protección térmica de los modernos equipos de protección, ha creado una situación en la que el bombero, algunas veces, no tiene conciencia de los niveles de calor que se están desarrollando dentro del compartimiento. Se han hecho muchas investigaciones en esta área y a los fabricantes se les ha ocurrido varias ideas, incluyendo indicadores visuales en la máscara del equipo de respiración y alarmas auditivas, incorporadas en la ropa, para avisar a los bomberos de repentinos cambios en la temperatura y en las condiciones. El “Smartcoat” (chaquetón inteligente) es un ejemplo en el que unos sensores vigilan la temperatura en el interior del chaquetón, avisando al bombero cuando la temperatura alcanza los 150° F (65°C) dentro de la cubierta protectora.
Esto está basado en el hecho de que la piel humana sufrirá quemaduras de primer grado cuando la temperatura llegue a 119° F (48°C), de segundo grado a 131° F (55°C) y de tercer grado cuando la temperatura de la piel alcance los 150° F (65°C).

En términos reales la piel debe ser sometida a 160° F (71°C) durante 60 segundos o 180° F (82°C) durante 30 segundos o 212° F (100°C) durante 15 segundos para causar quemaduras de segundo grado. Dentro del contenedor, unos sistemas de alarma empiezan a sonar, dando aproximadamente 30 segundos antes de que las quemaduras sean causadas. Todos los bomberos entrenando en el sistema deberían ser vigilados de cerca durante el entrenamiento y al menos durante los 15 minutos después de que salgan, para buscar signos de agotamiento por calor.

- c) Todos los bomberos deberían ser adecuadamente hidratados antes, durante y después de terminar el entrenamiento.

Conclusión.

La suspensión de pequeñas cantidades de gotas de agua, directamente en los gases de fuego acumulados en la parte superior, es **la acción más efectiva** que un bombero puede realizar durante su **aproximación** al origen del fuego. Esta aplicación, para que sea efectiva, requiere gran **precisión** y un uso **controlado** del surtidor. Esto requiere **entrenamiento** regular y la provisión de un **equipo** adecuado para conseguir óptimos resultados. Los bomberos del nuevo milenio, pronto se darán cuenta de que sólo hay una forma de tratar efectivamente con los peligros asociados con Flashover, Backdraft y la inflamación de los gases de fuego, y esto quiere decir prevenirlos en primer lugar.

RECUERDA:

- 1.- **Refrigeración de los gases.** Usado para enfriar los gases en las partes altas del recinto, por debajo de las temperaturas que pudiesen hacerles progresar hacia situaciones de Rollover y Flashover.
- 2.- **Inertización.** Usado para crear una atmósfera inerte en las partes altas del recinto, bien con una cantidad controlada de vapor o suspendiendo gotas de agua cuando la evaporación no sucede. Para prevenir o suprimir / mitigar cualquier posibilidad de inflamación de estos gases en un Backdraft o una explosión de humo.
- 3.- **Extinción.** Usado para extinguir acumulaciones de gases de fuego ardiendo, que se han formado y están ardiendo en espacios geométricos, tales como huecos de escaleras, áticos, compartimentos, etc.

Referencias

- 1 Fleischmann, Pagni and Williamson – Exploratory Backdraft Experiments – Fire Technology V29 N°4 p298-316 1993.
- 2 Chitty – Survey of Backdraft – FRDG UK Home Office – ref 5/94 p19.
- 3 Chitty – Survey of Backdraft – FRDG UK Home Office – ref 5/94 p26.
- 4 Grand & Drysdale – Suppression & Extinction of Class A Fires Using Water Spray – FRDG UK Home Office – ref 1/97.
- 5 Ramsden – Water mist – a status update – Fire Prevention 287 – March 1996 p 16-20.
- 6 Rimen – The use of High-pressure & Low-pressure pumps with Hosreel Systems – UK Home Office (FEU) report 36 (1990).
- 7 Tuomisaari – Suppression of Compartment Fires with a Small Amount of water – VTT Building Technology (Fire Technology) – 1994.
- 8 Bruce – Innovative Fog Nozzles – Fairfax Country Fire & Rescue Dept (Research & Planning) 1995.
- 9 Gisellson and Rosander – Making the best Use of Water for Extinguishing Purpose – Fire Magazine (UK) October 1994.
- 10 OSHA USA – Respiratory Protection Standard – 29 CFR 1910.134 along with NFPA 1500.
- 11 Birk – An Introduction to Mathematical Fire Modelling.
- 12 Grimwood – Fog Attack – 1992 – DMG Business Media Ltd (UK) Redhill, Surrey UK.
- 13 USFA – Operational Considerations for High-Rise Firefighting – 1996.