



***ASIGNATURA GB IV-07***  
***TECNOLOGÍA DEL FUEGO.***  
***TÉCNICAS DE LA EXTINCIÓN***



**CURSO DE JERARQUÍA DE IV CATEGORÍA**  
**SUBOFICIALES SUBALTERNOS**  
**PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Nº 5**

# ASIGNATURA IV-07    TECNOLOGIA DEL FUEGO

## PLAN DE CLASES

### OBJETIVO DEL CURSO:

Formar a los integrantes del Cuerpo Activo, en todo lo relativo a la química y comportamiento del Fuego, al uso de técnicas y elementos para contrarrestar este fenómeno.

### CONTENIDO GENERAL DEL CURSO:

TECNOLOGIA DEL FUEGO.

TECNICAS DE LA EXTINCION.

TACTICAS PARA LA EXTINCION.

#### **Unidad 1: TECNOLOGIA DEL FUEGO. PARTE 1**

Química y comportamiento del Fuego. Componentes básicos de la combustión. Reacción en Cadena.

Radicales libres. Interrupción de la reacción en cadena. Punto de inflamación. Punto de ignición.

Temperatura de ignición. Límite de inflamabilidad. Densidad de los vapores.

Fases de la combustión. Explosión por flujo reverso. Inflamación súbita generalizada.

Fuentes de energía.

#### **Unidad 2: TECNOLOGIA DEL FUEGO. PARTE 2**

Transferencia de calor. Conducción. Convección. Radiación. La llama. El humo.

Métodos de extinción de incendios.

Clasificación de los incendios.

Fenomenología de los incendios.

#### **Unidad 3: TECNICAS DE LA EXTINCION. PARTE 1**

Técnicas de la extinción: Enfriamiento. Sofocación. Inhibición. Eliminación. Clasificación.

El agua como agente extintor: Presión. Pérdida de presión. Tipos de chorros. Tamaño de la partícula de agua.

Boquillas. Ataque directo. Ataque indirecto. Ataque combinado. Selección del chorro de agua.

El agua como agente de enfriamiento; como herramienta mecánica. Como cubierta protectora.

#### **Unidad 4: TECNICAS DE LA EXTINCION. PARTE 2**

Las espumas. Tipos de espumas. Expansión, estabilidad y porcentaje de concentración.

Como trabaja la espuma. Clasificación y cuadro comparativo. Propiedades. Forma de aplicación. Equipos.

Polvos químicos: Composición. Capacidad de extinción. Cómo actúan los P.Q.S.

Dióxido de Carbono: Capacidad de extinción. Limitaciones.

Líquidos vaporizantes: Capacidad de extinción.

#### **Unidad 5: TACTICAS PARA LOS SERVICIOS.**

Métodos de extinción según las clases de fuego.

Tácticas de Combate de incendio: Residencia unifamiliares. Instalaciones protegidas

con sistemas de extinción. Espacios confinados. Fuego de compartimientos interiores .

Boilover. Slopover. Frothover. El enfriamiento de la capa de gases calientes. Incendios de montes bajos.

**Material Didáctico:** MANUAL de IV Categoría.

### **TRABAJOS PRACTICOS A REALIZAR :**

**EVALUACION:** Cuestionario de 25 preguntas

## **QUÍMICA Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO**

En nuestra sociedad que se basa principalmente en la tecnología, el fuego ha llegado a ser tan importante como el agua.

A pesar de que hemos avanzado considerablemente en el conocimiento de lo que es este, estamos muy alejados de la perfección de su control.

Si perdemos el control del fuego, este puede causar perdidas considerables a la vida, a la propiedad y bienes.

Para poder controlar la parte destructiva del fenómeno ígneo, es fundamental que entendamos su comportamiento.

Por experiencia, el hombre ha aprendido que algunos materiales se queman y otros no. que algunos se queman mas fácilmente que otros. que solo puede haber fuego en presencia del aire y que se tiene que aplicar calor para comenzar el proceso.

Otras evidencias nos revelan que cuando un material se quema, este pierde su forma original, sustancia y uso.

De lo expuesto, podemos comenzar por ver distintas definiciones del fenómeno.

***El fuego es una reacción química del material combustible y comburente causada por el calor.***

***El fuego es una oxidación rápida con desprendimiento de luz y calor.***

Una investigación de esta definición, nos muestra que los mismos elementos que son necesarios para el sustento de la vida animal, puestos juntos y en proporciones adecuadas, crearían un fuego.

## **COMPONENTES BÁSICOS DE LA COMBUSTIÓN**

Es el fuego una reacción química conocida también con el nombre de combustión, que se define como un proceso que se mantiene a sí mismo cuando un combustible es reducido en forma muy rápida por un agente oxidante, junto con la evolución de calor y luz.

Por muchos años, una figura conocida como el "Triángulo de Fuego", ha sido muy adecuada para explicar la teoría de combustión y extinción de fuegos.

La oxidación anteriormente mencionada se produce cuando se una oxígeno a una sustancia.

El oxígeno se halla siempre presente en el aire.

Normalmente el aire contiene un 21 % de oxígeno, el cual al unirse a una sustancia produce una oxidación.

Si esta es lenta, como ocurre en el enmohecimiento del metal, el calor se disipa antes de que se lo pueda notar.

Sin embargo, cuando la oxidación es suficientemente rápida, se desprende calor acelerada y abundantemente, en este caso, también se produce luz, por lo tanto, el fuego es una oxidación rápida acompañada de luz y calor.

A este fenómeno se lo denomina combustión, pues estamos en presencia de otro vocablo para definir al fuego.

La figura geométrica de tres lados ya conocida como triángulo del fuego, ha sido utilizada para describir la teoría de la combustión y los principios de la extinción.

El oxígeno, calor y combustible, en cantidades adecuadas, producen fuego, y si se elimina cualesquiera de estos elementos, el fuego no puede existir.

El triángulo del fuego, se ha usado y se usa con éxito para explicar como la combinación de tres elementos en proporciones adecuadas producen una reacción química llamada fuego.

Con el paso del tiempo, el concepto de dicho triángulo ha tenido que sufrir modificaciones para poder explicar fenómenos que ocurren en el desarrollo y extinción del fuego, que no podrían ser aclarados por el concepto tradicional.

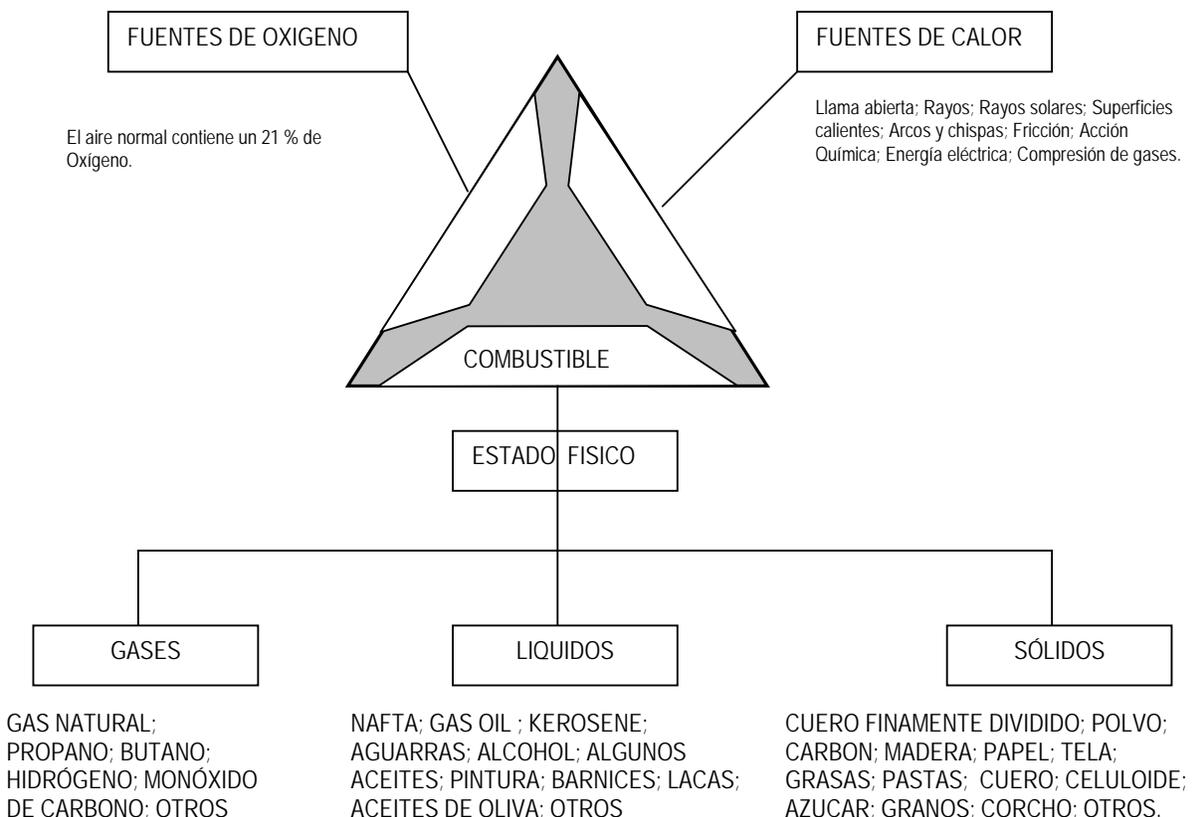
Algunas sustancias como el bicarbonato de sodio, habían sido usadas con éxito para la extinción del fuego, encontrando que su acción principal no era tradicionalmente conocida, ( sofocación y enfriamiento)

Fue necesario conocer a fondo el mecanismo de la reacción química entre el oxígeno y el combustible activado por la temperatura.

Un mecanismo de reacción química, se refiere a las formas o los pasos que deben darse para que materiales tales como el oxígeno y el combustible puedan combinarse..

Nace con esto un cuarto factor necesario para dar una mejor explicación del fuego.

No fue suficiente conocer que al unir un combustible con oxígeno a una cierta temperatura se produce fuego, sino que fue necesario conocer los pasos y transformaciones que deben seguir estos elementos para producir la combustión. Una reacción química en cadena.



## LA REACCIÓN EN CADENA Y RADICALES LIBRES

No se podrían explicar a fondo estos dos temas sin entrar en los conceptos de química que se salen del objetivo de este trabajo, por lo que, se tratará de abordar este tema sin

tomar elementos muy técnicos.

## **RADICALES LIBRES**

Todo material está formado por moléculas o átomos, que son la parte mas pequeña en que se puede dividir la materia, de esta forma podemos hablar de moléculas de oxígeno, de agua, de alcohol, o de átomos de hierro, aluminio, etc. Algunas de estas moléculas como las de oxígeno pueden ser quebradas, por acción de calor, por ejemplo.

A cada una de las partes en que se dividen estas moléculas se le puede llamar radicales libres, pueden aparecer también como resultado de un choque de una molécula de combustible y otro radical libre, como el oxígeno.

Refiriéndose al proceso de combustión, podríamos decir que los RADICALES LIBRES son especies químicas intermedias que se producen en el proceso, a partir del oxígeno/ combustible.

Cuando se queman gases o materiales gasificados siempre tendremos la intervención de estos radicales libres.

Por ejemplo: como ya sabemos la cantidad de radicales libres está dada por las características del material que se quema.

Entre un material combustible líquido y otro sólido, en el primero se observa que la propagación del fuego es mucho mas rápida que en el segundo, por cuanto tiene la prioridad de gasificarse con mayor facilidad, por lo tanto produce mayor cantidad de radicales libres.

## **REACCIÓN EN CADENA**

Una reacción en cadena es algo que se inicia y se propaga espontáneamente por acción de una serie de acontecimientos que dependen unos de otros.

Ejemplo: en un depósito de artículos pirotécnicos bastaría encender la mecha de un solo petardo para producir una reacción en cadena de explosiones.

En el fuego se producen los primeros radicales libres por acción del calor, que al unirse con los vapores del combustible producen mas radicales libres, sucede algo similar al ejemplo anterior.

Como resultado de estas reacciones en cadena se produce liberación de energía en forma de luz y calor, además se va produciendo dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapor de agua y otros productos de la combustión.

La reacción en cadena es el mecanismo que siguen el oxígeno y el combustible para combinarse por medio de radicales libres.

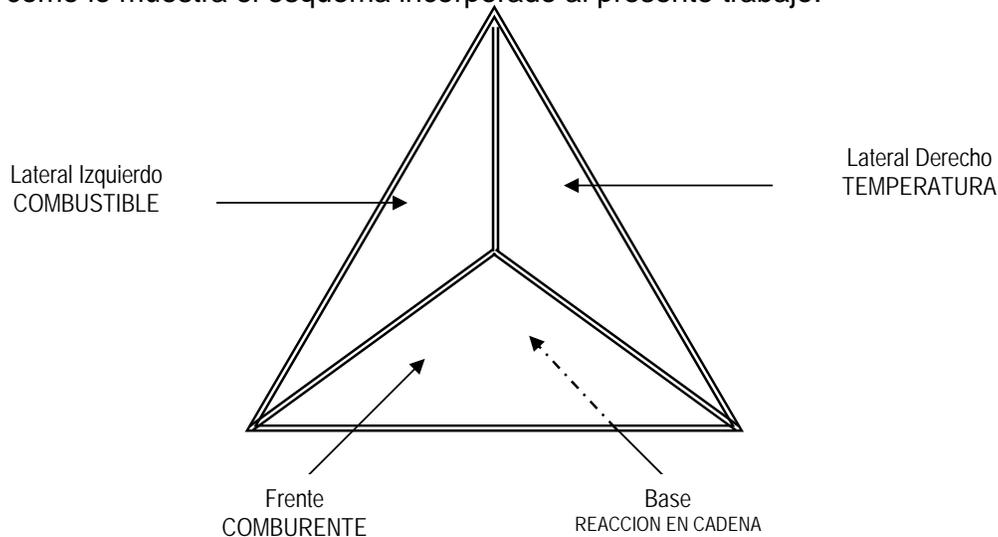
## **INTERRUPCIÓN DE LA REACCIÓN EN CADENA**

Uno de los factores que condujo a involucrar la reacción en cadena como el cuarto factor, para explicar la naturaleza del fuego, fue el uso del bicarbonato de sodio como agente extintor y el bicarbonato de potasio en forma posterior.

Estos compuestos intervienen directamente sobre los radicales libres, impidiendo las reacciones en cadenas. Los extinguidores halogenados producen efecto similar sobre el fuego, en ambos casos los compuestos atrapan químicamente los radicales libres y como podrá deducir, sin estos radicales no puede existir la reacción en cadena y por lo tanto el fuego se extingue.

**EN RESUMEN:** con la aparición del cuarto componente de la **REACCION EN CADENA**, el triángulo del fuego sufre una importante modificación y se forma así lo que

comúnmente se conoce con el nombre de **TETRAEDRO**, la representación gráfica del fuego, como lo muestra el esquema incorporado al presente trabajo.



Este concepto ayuda a explicar la acción de algunos agentes, tales como polvos químicos secos y gases halón, que no se podrían explicar con el triángulo del fuego, haciendo un cambio del concepto del triángulo de una figura geométrica a una figura sólida de cuatro lados que se parece a una pirámide.

Uno de los cuatro lados sirve para representar la "reacción química en cadena", y los tres lados restantes representan la temperatura, el agente reductor y el agente oxidante. Si se quita uno de los lados, hará incompleto el tetraedro y tendrá como resultado la extinción del fuego.

### **COMBUSTIBLE (AGENTE REDUCTOR)**

El combustible se define como cualquier sólido, líquido o gas que puede ser oxidado. En término de "agente reductor" se refiere a la capacidad del combustible de reducir un agente oxidante.

La oxidación es el término usado para representar una reacción química que se combina un agente reductor con oxígeno.

La mayoría de los combustibles o agentes reductores contienen un gran porcentaje de carbono e hidrógeno.

Entre los combustibles mas comunes se encuentran los combustibles compuestos que producen el fuego:

Carbono.

Monóxido de carbono.

Muchos compuestos ricos en carbono e hidrógeno, tales como la gasolina y el propano.

Materiales tales como madera y textiles.

Mucho metales como magnesio, aluminio y sodio.

### **OXÍGENO (AGENTE OXIDANTE)**

El lado del oxígeno en el Triángulo de Fuego ha sido reemplazado en el Tetraedro con el termino "Agente Oxidante".

En la mayoría de los casos, el agente oxidante será el oxígeno que se encuentra en el aire; sin embargo, el uso del término agente oxidante ayuda a explicar como algunos compuestos, como el nitrato de sodio y el cloruro de potasio, que liberan su propio oxígeno durante el proceso de combustión, puede haber en un ambiente sin oxígeno.

### **CALOR (TEMPERATURA)**

Para que se inicie y continúe una combustión tiene que aumentar el nivel de energía en forma de calor, lo que desencadena un aumento en la actividad molecular de la estructura química de una sustancia.

La temperatura es la medida de actividad molecular dentro de una sustancia. En presencia de un agente oxidante, un combustible con un nivel de energía lo suficientemente alto puede arder.

La combustión entonces continúa o renueva por sí sola, siempre que se encuentren presente el calor y la energía. Los agentes que reducen o absorben este calor disminuyen el nivel de energía necesaria para que haya combustión, resultando la extinción del fuego.

### **REACCIÓN QUÍMICA EN CADENA**

La acción extintora de los agentes tales como los polvos químicos secos y los gases halón, explicaban los principios básicos del triángulo del fuego.

Se encontró más tarde que estos agentes carecían de las suficientes propiedades para producir enfriamiento, dilución de niveles de oxígeno o la separación de los requerimientos para la combustión.

Sin embargo, el efecto de extinción rápida de los polvos químicos secos y los gases halón no se podía negar.

Se dedujo, entonces, que debía existir alguna otra cosa en el proceso de combustión en la cual estos agentes actuaban. Esto condujo hacia la teoría de la reacción química en cadena.

Los principios de ésta aún no se conocen totalmente, están en un área de investigación continua.

Para entender los principios de una reacción química en cadena, primeramente debemos saber que la parte de la combustión que produce llamas es el resultado de la separación de vapores de la fuente combustible.

Estos vapores mantienen sustancias que, combinadas en proporciones correctas con oxígeno, van a arder. Se ha comprobado que introduciendo ciertos agentes al proceso de la combustión, causa una rápida extinción de las llamas.

La extinción resulta debido a que las sustancias activas presentes en los vapores del combustible son inhibidas, y así no pueden completar sus papeles en las reacciones necesarias para la combustión.

La inhibición de la reacción química afectará solo a las llamas y no a los fuegos incandescentes, excepto bajo ciertas condiciones.

### **PUNTO DE INFLAMACIÓN**

Esta es la temperatura mas baja al cual un liquido formará vapores inflamables, sobre o cerca de la superficie.

Estos vapores forman una mezcla equilibrada con el aire, que será explosiva.

## **PUNTO DE IGNICIÓN**

Es la temperatura mas baja a la cual la mezcla aire / gas, después de incendiada, continuará en combustión sobre la superficie.

La temperatura de ignición varia muchísimo de un material a otro.

## **TEMPERATURA DE AUTO IGNICIÓN**

Es la temperaturas a la cual un material, ya sea sólido, liquido o gaseoso, se incendiará, sin necesidad de una chispa o llama abierta, continuando en combustión.

## **LÍMITES DE INFLAMABILIDAD**

Cuando se alcanza la temperatura de ignición, y la reacción llega a un estado donde se desprende luz y calor, estamos en presencia de la combustión.

Sin embargo la combustión no tiene lugar a menos que los vapores combustibles estén mezclados en una cierta proporción con el aire, es decir no se producirá esta combustión cuando la proporción en volumen del porcentaje de vapores inflamables con respecto al aire sea inferior o superior a ciertos números que son los límites de inflamabilidad.

Por debajo de estos límites, las mezclas son demasiado pobres para arder, y por encima, son demasiado ricas, por lo consiguiente en ninguno de ellos se producirá la combustión.

Como ejemplos podemos poner los vapores de nafta, que están de 7.6 % al 1,4 %.

El punto de desprendimiento de vapores inflamables de un combustible líquido está dado por la inversa de la temperatura a la que ha sido destilado.

Por ejemplo: Un combustible que fue destilado a baja temperatura, su punto de desprendimiento de gases se produce a alta temperatura.

## **DENSIDAD DE LOS VAPORES**

Esto expresa la comparación de un vapor con el peso del aire. Los vapores o gases de la mayoría de los líquidos inflamables son mas pesados que el aire. Es por esto, que tiende a acumularse fácilmente en las áreas bajas, tales como sótanos o lugares similares.

Cuando se presenta este riesgo en una planta industrial, para desalojarlos, los aparatos de ventilación - extracción, y las aberturas deberán estar cerca del piso.

Para desalojar los gases combustibles y vapores mas livianos que el aire, los aparatos de ventilación y las aberturas deberán estar en el techo o cerca del mismo.

## **PUNTO DE FUSIÓN**

Esta es la temperatura a la cual un material en estado sólido, pasa al estado líquido.

Esto indica a la vez, a que temperatura un material que es sólido, a temperatura ambiente, puede convertirse en líquido inflamable.

## **PUNTO DE EBULLICIÓN**

Es la temperatura a la cual un material, en estado líquido, pasa al estado gaseoso.

## **FASES DE LA COMBUSTIÓN**

Los métodos usados para extinguir un fuego dependerán, en gran medida, del estado en que éste se encuentre.

Los factores, tales como la cantidad de tiempo en que un fuego ha estado ardiendo, la ventilación que tenga una estructura, y el tipo de combustible, deben considerarse cuidadosamente.

Los fuegos se dividen, generalmente, dentro de tres estados progresivos, basándose en lo mencionado anteriormente: la "fase incipiente" o inicial, la "fase de combustión libre" y la "fase de arder sin llama".

### **FASE INCIPIENTE O INICIAL.**

En la primera fase, el oxígeno contenido en el aire no ha sido reducido en forma significativa y el fuego produce vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, quizá una pequeña cantidad de dióxido de azufre, y otros gases.

Se genera algo de calor que irá aumentando a medida que el fuego progresa..

El calor de la llama en esta fase puede ser de 538° C, pero la temperatura del medio ambiente donde el fuego se esta iniciando aumenta muy poco..

### **FASE DE COMBUSTIÓN LIBRE**

La segunda fase de combustión involucra las actividades de libre combustión del fuego. Durante esta fase, el aire, que es rico en oxígeno, es lanzado hacia las llamas, a medida que la convección lleva el calor a las regiones mas altas de áreas confinadas.

Los gases calientes se expanden lateralmente, desde del techo hacia abajo, forzando al aire frío hacia los niveles inferiores, y facilitando así la ignición de materiales combustibles en los niveles superiores de la habitación

Este aire caliente es unas de las razones por las cuales los bomberos son instruidos en que deben mantenerse en los niveles bajos, y utilizar equipos de protección respiratoria. La aspiración de este súper aire caliente puede dañar los pulmones.

En este momentos las temperaturas en las regiones superiores, pueden exceder los 700°C. A medida que el fuego progresa a la subsecuentes etapas de esta fase, continuará consumiendo el oxígeno libre hasta que se alcanza un punto en que el oxígeno resulta insuficiente para reaccionar con el combustible.

El fuego es entonces reducido a la fase latente y requiere el suministro de oxígeno para encenderse rápidamente o explotar.

### **FASE LATENTE**

En la tercera fase, las llamas pueden dejar de existir si el área confinada es cerrada suficientemente. A partir de este momento la combustión es reducida a brasas incandescentes.

El local se llena completamente con humo denso y gases combustible, a tal grado, que existe bastante presión, como para forzarlos a salir a través de pequeñas aberturas del edificio.

El fuego continuará latente, y el local se terminará de llenar de humo denso y gases de la combustión por encima de los 538°C.

El calor intenso tenderá a vaporizar las fracciones ligeras de combustibles tales como hidrógeno y metano, de los materiales combustibles que se encuentra en el área.

Estos gases combustibles que se encuentran en el área serán añadidos a aquellos producidos por el fuego y posteriormente incrementarán el peligro para los bomberos y creará la posibilidad de una explosión por flujo reverso.

## **EXPLOSIÓN POR FLUJO REVERSO ( BACKDRAFT)**

Los bomberos que responden a un incendio confinado, que se encuentra en la última etapa de fase de combustión libre o en cualquier parte de la fase latente, corren el riesgo de estar expuestos a una explosión por flujo reverso, si no se toman en consideración las ciencias del fuego en la apertura de estructuras.

En la fase latente del fuego, la combustión es incompleta debido a que no existe suficiente oxígeno para alimentar el fuego.

Sin embargo el calor generado en la fase de combustión libre se mantiene, y las partículas de carbón que no se han quemados, o cualquier otro producto de la combustión, están esperando para entrar en una rápida, casi instantánea combustión cuando se suministre más oxígeno.

Una adecuada ventilación liberará el humo y los gases no consumidos por la combustión.

Una inadecuada ventilación solo proveerá un peligroso componente, el oxígeno. Tan pronto como el oxígeno necesario entre en el área, esta combustión casi detenida se reinicia, y puede resultar muy destructora por su velocidad, y ser verdaderamente ramificada como una explosión.

La combustión esta relacionada con la oxidación, en la cual el oxígeno se combina con otro elemento.

El carbono es un elemento naturalmente abundante, presente en la madera así como el resto material conocido por el hombre. Cuando la madera se enciende, el carbono se combina con el oxígeno para formar  $CO_2$ , dependiendo de la disponibilidad del oxígeno. Cuando ya no se dispone del oxígeno el carbono es liberado en el humo.

Un signo de alerta de una posible explosión por flujo reverso lo presenta el humo denso, negro, saturado de carbón.

Las siguientes características pueden ser una indicación de una condición de explosión por flujo reverso:

- ❖ Humo Bajo Presión.
- ❖ Humo negro, convirtiéndose de un color grisáceo amarillento y denso.
- ❖ Aislamiento del incendio y temperatura excesiva.
- ❖ Llama muy escasa y poco visible.
- ❖ El humo sale de la edificación a intervalos o en bocanadas.
- ❖ Ventanas manchadas por el humo.
- ❖ Sonido estruendoso.
- ❖ Un movimiento rápido del aire hacia el interior, cuando se hace una abertura.

Estas condiciones pueden hacerse menos peligrosas con una adecuada ventilación. Si la edificación es abierta en el punto más alto disponible, se liberarán los gases calientes y el humo, reduciendo así la posibilidad de una explosión.

## **INFLAMACIÓN SÚBITA GENERALIZADA (FLASH OVER)**

La inflamación súbita generalizada ocurre cuando un local u otra área se calienta al punto donde la llama se propaga sobre la superficie del área. Originalmente se creía que la inflamación súbita generalizada era causada por la liberación de los gases combustibles durante las fases iniciales del fuego.

Se pensaba que estos gases concentrados a nivel del techo, se combinaban con el aire hasta que alcanzaban su rango de inflamabilidad, luego se encendían rápidamente, causando su inflamación generalizada.

En los actuales momentos se piensa que aún cuando esto puede ocurrir, el mismo precede a la inflamación generalizada.

La causa no es atribuible al excesivo desarrollo de calor generado por el fuego en sí mismo.

A medida que el fuego continúa ardiendo, todos los materiales contenidos en el área del incendio son calentados gradualmente, hasta su temperatura de ignición. Cuando alcanzan este punto, ocurre una ignición simultánea y el área se envuelve completamente en situación de incendio.

## **CALOR**

Al hablar de calor nos referimos a la cantidad necesaria para que exista el fuego.

Es conveniente recordar que debe estar en cantidad suficiente para que los vapores del combustible alcancen la temperatura de ignición.

El calor es una forma de energía que es medido en grados de temperatura para significar su intensidad.

En este sentido, el calor es aquel producto de la combustión que es responsable de la propagación de incendios.

En el sentido fisiológico, es la causa directa de quemaduras y otras formas de lesiones. Aparte de quemaduras, las lesiones relacionadas con el calor incluyen la deshidratación, agotamiento por calor y daños al tracto respiratorio.

El calor, junto con la falta de oxígeno y la formación de monóxido de carbono, son considerados como los principales peligros en los incendios.

## **FUENTE DE ENERGÍA**

Los Fuegos prenden o se inician generalmente por la mano del hombre, aunque en muchas ocasiones, también comienzan por accidentes, como en el caso de los reflejos proyectados del sol por el primer disco de los arados sobre las cubiertas, o pastos secos circundantes; también la fricción puede causar calor suficiente para prender un fuego.

Otras fuentes de energía factibles de producir fuegos, son la reacción química de agentes químicos que arden en cuanto se los pone en contacto unos con otros, arcos eléctricos, sobrecargas eléctricas, chispas, etc.

## **FACTOR TIEMPO Y FORMA EN LA COMBUSTIÓN**

La razón por la cual basta un fósforo para encender un escarbadietes y que no baste para encender un tronco, (aunque la llama del fósforo es mucho más caliente que la temperatura de ignición del tronco) es que éste es suficientemente grande como para

absorber todo el calor de aquél, sin encenderse.

El calor se disipa al recorrer el tronco y se aleja del punto de aplicación tan pronto como se le aplica el mismo. Si el calor queda desvanecido con la misma rapidez con que se aplica, la temperatura de ignición no se sostiene durante el tiempo suficiente para prender el fuego.

## TIEMPO

El tiempo durante el cual se aplica calor a un objeto, es causa de una gran diferencia en la temperatura de ignición.

Hay materiales combustibles que han arvido por un contacto de gran duración con temperaturas que, comúnmente no provocarían la ignición de la misma sustancia. Si el calor no se disipa o desvanece tan rápido como se le aplica, puede causar la ignición a temperaturas relativamente bajas.

## LA TRANSFERENCIA DE CALOR

El calor puede viajar a través de una edificación incendiada por uno o más de los tres métodos conocidos como conducción, convección y radiación.

La existencia de calor dentro de una sustancia es causada por la acción molecular. De esta manera, mientras el calor se hace más intenso, el movimiento de las moléculas, también se hace intenso.

Debido a que el calor es energía desordenada, nunca es constante, pero es continuamente transferido de objetos de una temperatura más alta a aquellos de una temperatura más baja.

La llamada ley de flujo del calor, específica que el calor tiene la tendencia de fluir desde una sustancia caliente a una sustancia fría.

El más frío de los cuerpos en contacto absorberá calor hasta que ambos objetos están a la misma temperatura.

## CONDUCCIÓN



El calor puede ser conducido de un cuerpo a otro por contacto directo de dos cuerpos o por intermedio de un cuerpo conductor de calor.

La cantidad de calor que será transmitido y su rango de transferencia dependerá de la conductividad del material a través del cual el calor esté pasando.

No todos los materiales tienen la misma conductividad de calor.

El aluminio, el cobre y el acero son buenos conductores. Los materiales fibrosos, tales como tela y papel son deficientes conductores.

Los gases y los líquidos son deficientes

conductores de calor debido al movimiento de sus moléculas.

El aire es también un conductor relativamente deficiente. Ciertos materiales sólidos, cuando son divididos en fibras y embalados en capas, constituyen buenos aislantes debido a que el material en sí mismo es conductor deficiente y además existen ciertos espacios de aire dentro de las capas.

Las paredes dobles de edificios que tienen un espacio de aire proporcionan un aislamiento adicional.

## CONVECCIÓN

La convección es la transferencia de calor por el movimiento de aire o líquidos. Este movimiento es diferente al movimiento molecular mencionado en la conducción.

Cuando los líquidos o gases se calientan, empiezan a moverse por sí mismos. En el caso de los gases, si son calentados se expandirán, haciéndose más livianos y moviéndose hacia arriba.

Mientras el aire calentado asciende, el aire más fresco lo sustituye en los niveles más bajos. Es por eso que los bomberos deben mantenerse en las partes bajas en tal ambiente.

La propagación del fuego por la convección tiene más influencia sobre las posiciones para el ataque contra el incendio y la ventilación que por la conducción o radiación.

La diseminación del fuego por la convección es principalmente hacia arriba, aunque corrientes de aire pueden llevar el calor en cualquier dirección. Las corrientes convectadas de calor generalmente son la causa del movimiento de calor de piso a piso, de cuarto a cuarto, y de un área a otra.

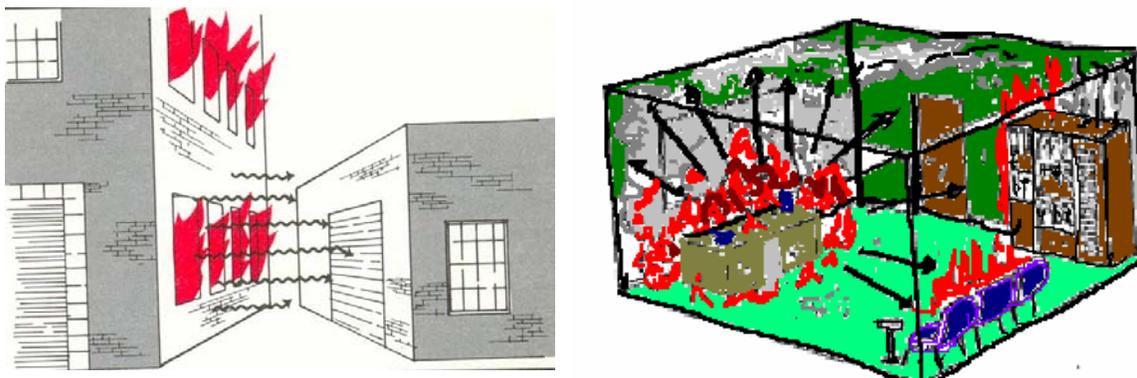
La propagación del fuego por corredores, hacia arriba de cajas de escaleras y cajas de elevadores, entre muros, y por áticos, es principalmente causada por la convección de corrientes de calor. El dibujo ilustra la transferencia de calor por la convección.



## RADIACIÓN

Este método de transmisión de calor es conocido como la "radiación de ondas de calor". El calor radiado se desplazará por el espacio hasta que alcance algún objeto. Mientras el objeto está expuesto a la radiación de calor, se devolverá el calor de su superficie.

El calor radiado es una de las principales fuentes de la propagación de fuego, y su importancia demanda un ataque defensivo en las partes donde la exposición a la radiación es significativa. La transferencia por el calor radiado es ilustrada en las imágenes.



## **PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN**

Cuando un combustible se quema, siempre habrá ciertos productos de la combustión. Estos productos de combustión son ampliamente clasificados en cuatro categorías: gases de la combustión, llama, calor y humo.

## **GASES DE COMBUSTIÓN**

Los "gases de la combustión" pueden ser definidos como aquellos gases que permanecerán cuando los productos de combustión son enfriados hasta alcanzar temperaturas normales

Los materiales combustibles más comunes durante incendios, involucrando azufre, como el caucho, pelo, madera, carne y pieles, también contienen carbono.

Se produce un gas incoloro con un olor fuerte parecido al de huevos podrido y es altamente tóxico.

El exponerse al dióxido de azufre, incluso en períodos de tiempos muy cortos, puede ser peligroso. Se encenderá cuando su temperatura alcance los 260°C.

El cianuro de hidrógeno es un gas tóxico que probablemente se encuentre únicamente cantidades peligrosas en incendios de poco oxígeno e involucran materiales que contienen nitrógeno como lana, seda, poliuretano, poliamidas y acrílicos.

También deben notarse que el cianuro de hidrógeno es usado como un fumigante que pueda representar un peligro serio a los bomberos que trabajan en edificios recientemente fumigados.

El cianuro de hidrógeno tiene el olor característico de almendras amargas que puede o no ser detectado fácilmente.

El cianuro de hidrógeno es un producto de la combustión que puede ser fatal después de unas aspiraciones.

También es un producto de combustión de materiales plásticos que contienen cloruro. Los plásticos pueden ser encontrados donde quiera, desde muebles hasta aislantes eléctricos, conductos y cañerías.

## **LLAMA**

Todas las sustancias antes de arder deben de estar en estado gaseoso.

Tomemos por ejemplo la madera, si la sometemos a un calor suficiente, desprende

gases, estos arderán desprendiendo luz en forma de llama.

Cuando vemos una llama, lo que vemos son los gases que arden.

Así pues, la llama es la luz de los gases que entraron en combustión.

La LLAMA es el cuerpo visible y luminoso de un gas quemándose, volviéndose más caliente y menos luminosa cuando está mezclada con más cantidades de oxígeno.

Esta pérdida de luminosidad es el resultado de una combustión más completa del carbono. Por esta razón, la llama está considerada como un producto de una combustión incompleta.

### **HUMO**

El humo esta constituido por gases y partículas de material que no han llegado a arder totalmente.

El humo es el producto visible de una combustión incompleta. Dado que generalmente es al estar ante la combustión incompleta en donde se desprenden gases que no llegan a arder, lo mismo que partículas diminutas del material ardiente, que se hacen visibles en forma de humo.

El humo que se encuentra normalmente en un incendio consiste en una mezcla de oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, un poco de monóxido de carbono, partículas finamente divididas de hollín y carbono, y un surtido misceláneo de productos que han sido liberados del material involucrado

Los gases de la combustión suben arrastrando consigo partículas de humo, cuando mas caliente es el fuego, más rápido y más alto asciende el humo.

Hay que recordar que los gases calentados junto al aire, ascienden y pueden estar suficientemente calientes como para hacer arder materiales combustibles a considerable distancia por encima del fuego.

En una estructura quemándose, el humo se incrementa gradualmente y continuamente reduce la visibilidad hasta que la ventilación es llevada a cabo.

El humo es siempre irritante y molesto y en casi todas las ocasiones peligroso. La peligrosidad del humo no está dada solamente por la toxicidad del mismo, sino también por la disminución de la visibilidad.

La falta de visibilidad es causa de la desorientación que puede atrapar a las personas en edificios llenos de humo.

## **MÉTODOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS**

El tetraedro de la teoría del fuego implica cuatro diferentes métodos de la supresión de incendios: eliminar los combustibles, diluir el oxígeno, reducir la temperatura e inhibir la reacción química en cadena.

### **ELIMINACIÓN DEL COMBUSTIBLE**

La eliminación de combustibles para extinguir incendios es efectiva pero no siempre práctica ni posible. Por ejemplo, los métodos de la eliminación de combustible incluyen cerrar la fuente de combustible, bombear líquidos inflamables de un tanque quemándose, o quitar partes no quemadas de montones grandes de materiales sólidos combustibles que se encuentran en silos o en montones de carbón.

La eliminación del combustible también puede ser llevada a cabo diluyendo material líquido que está ardiendo.

El agua diluirá materiales, como alcohol etílico, que son solubles en agua. Los líquidos que no son solubles en agua pueden ser diluidos con un agente que produce una emulsión (suspensión dentro de un líquido) al mezclarse con la capa superior de líquidos inflamables con el fin de detener la vaporización.

La espuma y otros agentes que actúan sobre superficies pueden contener los vapores inflamables y así eliminar el combustible de áreas en combustión

### **DILUCIÓN DE OXÍGENO**

El proceso normal de la combustión requiere una fuente de oxígeno para poder sostenerse.

**Un buen ejemplo de este fenómeno es la extinción de una vela cuando está puesta debajo de un vaso boca abajo.**

La llama consume el oxígeno presente y, mientras la concentración de oxígeno baja, el proceso de la combustión cesa debido a la eliminación de aquella parte del Tetraedro del Fuego.

La situación observada en la conversión de agua de chorros contra incendios en vapor, dentro de una estructura encerrada, es un ejemplo de lo anterior.

El agua es una forma dilatada como vapor obligará al oxígeno a salir del área del incendio, resultando en una concentración muy baja de oxígeno para soportar la combustión.

El proceso de sofocar o cubrir extinguirá los incendios al separar el oxígeno de los otros elementos que causa el incendio.

Un ejemplo común de este método es la extinción de grasa ardiendo en una cazuela con el hecho de cubrirla con su tapadera. La sofocación generalmente es un método sencillo de extinción.

En algunos casos, sin embargo, los incendios no se pueden apagar con este método, por ejemplo, algunos plásticos, tales como nitrato de celulosa, y algunos metales, como titanio, no pueden ser apagados por sofocamiento porque no dependen de una fuente externa de aire.

En estos casos, se requiere un método especial de extinción o control.

### **ENFRIAMIENTO**

Un método ampliamente usado en la extinción de incendios que es el enfriamiento o inmersión.

El control de temperatura involucra la absorción de calor que resulta en el enfriamiento del combustible hasta un punto en que cesa de librar la cantidad necesaria de vapores para mantener una mezcla inflamable.

El calor sale del incendio por la radiación, conducción y/o convección, tanto como por la absorción de un agente enfriador.

De todos los agentes extintores, el agua absorbe, más calor por volumen que cualquier otro agente.

### **INHIBICIÓN DE LA REACCIÓN QUÍMICA EN CADENA**

Este último método de extinción es la inhibición de la reacción en cadena que ocurre en el proceso de la combustión.

Ciertas sustancias químicas tienen la habilidad de interrumpir las reacciones necesarias para una combustión.

Sin la reacción completa la llama no puede seguir ardiendo y el fuego se extingue.

Algunos ejemplos de estos agentes son:

- ❖ Halón 1301.
- ❖ Halón 1211.
- ❖ Halón 1011.
- ❖ Bicarbonato de sodio.
- ❖ Fosfato monoamónico (un químico seco para varios usos).
- ❖ Bicarbonato de Potasio (Púrpura K).
- ❖ Carbonato de Potasio (Monnex).
- ❖ Cloruro de Potasio (Súper K).

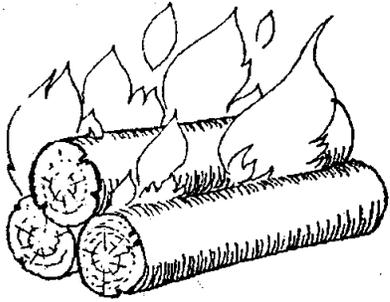
Cuando se considere este método de extinción, es importante recordar que únicamente aquella parte de la combustión, la llama, es interrumpida

Si la temperatura existe en forma suficiente como para continuar la producción de vapores de combustibles, hay una posibilidad de que vuelva a arder después de que los agentes extintores se hayan ido o dispersado.

También como fue notado antes en este capítulo, aquellos agentes tienen poco efecto de sofocamiento (excepto bajo ciertas condiciones) y no afectará los "rescaldos incandescentes" aislados profundamente.

## **CLASIFICACIÓN DE LOS INCENDIOS Y MÉTODOS DE EXTINCIÓN**

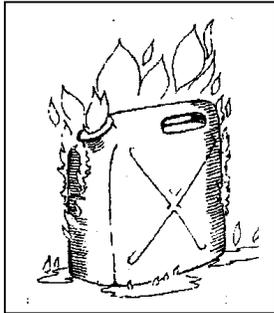
## INCENDIOS DE LA CLASE A



Los incendios que involucran materiales combustibles ordinarios, como la madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos

El agua se usa para lograr un efecto enfriador o de inmersión que reduce la temperatura del material menor a su temperatura de ignición.

## Incendios de Clase B

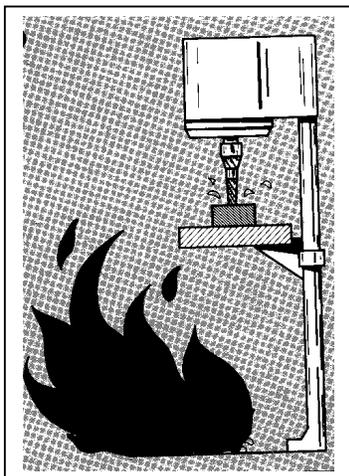
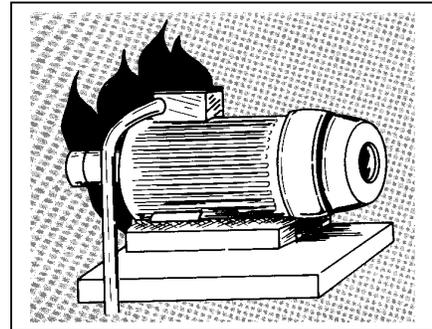


Los incendios que involucran líquidos, grasas y gases inflamables

## INCENDIOS DE CLASE C

Los incendios que involucran equipos eléctricos energizados Este tipo de incendio se puede controlar a veces por una agente extintor no conductor.

El procedimiento más seguro es siempre tratar de desenergizar los circuitos de alto voltaje y tratarlo como un incendio de Clase A o Clase B, según el tipo de combustible involucrado.



## INCENDIOS DE CLASE D

Los incendios que incluyen materiales combustibles, como el magnesio, titanio, zirconio, sodio y potasio

La temperatura extremadamente alta de algunos metales al arder hace que aquél y otros agentes extintores comunes no sean efectivos para su extinción.

No existe un solo agente que efectivamente controle todos los metales combustibles.

## **TECNICAS DE LA EXTINCIÓN**

El temor al fuego, es ancestral en el ser humano, y aun contando con los medios como para enfrentarlo, siempre el hombre ha sentido cierta impotencia al tener que combatirlo, es por ello, que solo una formación profesional profunda en conocimientos teórico -prácticos, llegan a formar a un bombero.

Habiendo aprendido y comprendido el fenómeno ígneo o combustión, ahora nos encontramos con el problema real y cotidiano del incendio, que no es mas que una combustión incontrolada de distintos elementos que configuran lo que posteriormente definiremos como carga de fuego.

Esto nos indica que un buen bombero debería estar técnica y prácticamente preparado para comprender la situación creada, el comportamiento y peculiaridad del material comprometido y frente al fuego, situarse en un entorno de aplicación de las normas y luego aplicarlas, según la problemática de los elementos existentes y su contacto o no con otros materiales que se pueden hallar concentrados, almacenados o en masa.

Se quiere expresar con esto, que así hayamos aprendido a clasificar los fuegos y luego determinar los mejores elementos extintores por cada uno de ellos, luego, en el incendio, como materia de trabajo cotidiano, esto no se presenta así, tan claro y definido, por el contrario, un incendio, en la generalidad de los casos comprende dos o mas clasificaciones de fuego, que dan por sentado, que requerirían distintas normas de extinción según lo aprendido.

Todo este conjunto de problemas, al que se le agrega la continua aparición de distintos elementos químicos que, incorporados a la producción de otros elementos o como productos finales que ocupan lugares en las viviendas, comercios, hospitales, industrias, etc., han separado las formas tradicionales de extinción, que han prevalecido por años, para transformarlas en operaciones combinados de distintas normas y elementos (según uno cuente con ellos al momento de la extinción), para lograr el éxito en la extinción.

La exacta comprensión de estos factores debe preceder a la correcta extinción, en ningún caso, por más apremiante que sea la situación, se procederá a efectuar el ataque al fuego, sin analizar la exacta naturaleza del material o materiales involucrados en el siniestro, recordando siempre el conocido adagio bomberil, que dice:

**Antes de extinguir un incendio, hay que conocer primero:**

**Qué es lo que se quema; Cómo quema y Por qué se quema.**

Actualmente, el profesional bombero, contando con formación y capacidad técnica, debe poseer la capacidad de resolver al tomar contacto con el siniestro y la información pertinente, sobre aspectos fundamentales relacionados al éxito o fracaso de su misión, los que son:

- Evaluar el problema en su conjunto.
- Determinar la magnitud del siniestro y las necesidades de personal y elementos.
- Conjuguar en la extinción, de la mejor forma posible, los elementos con que cuenta.

De la evaluación primaria, surgirá la necesidad de elementos y personal, duración de los trabajos y posibilidades de lograr el éxito con lo que se cuenta o solicitar ayuda.

El desarrollo primario del ataque al fuego, con lo que se cuenta y de la mejor forma posible, permite en la mayoría de los casos, lograr el control o frenar el avance del siniestro, dando posibilidades a recibir apoyo y materiales más específicos.

Desde el punto de vista de un principio de incendio o un incendio incipiente, podemos decir, con un balde de agua es suficiente, o si no contamos con agua, posiblemente un poco de tierra, cenizas, arena u otro elemento inerte, llegan a actuar de la misma forma, deteniendo el principio de incendio, ya que todos ellos actúan como agentes sofocantes.

Lo expuesto nos indica que, en forma general ante un fuego se puede proceder según las circunstancias y los elementos que tengamos a disposición, pero en general, para su estudio, trataremos de imponer un orden lógico y razonable, que nos lleve a poder tratar en forma clara este complejo aspecto de la función profesional.

Como norma general, podemos decir que las técnicas de la extinción se fundamentan en la eliminación de uno de los factores que hacen al tetraedro del fuego.

**Reduciendo la temperatura.**

**Enfriamiento**

**Evitando el acceso del comburente.**

**Sofocación**

**Aislando o separando el combustible.**

**Dispersión.**

**Bloqueo químico de la reacción.**

**Inhibición.**

## ENFRIAMIENTO

La reducción del calor o método de enfriamiento para la extinción, es el mas conocido y familiar, cuando se menciona al agua como principal agente para extinguir un fuego.

Recordando que el agua tiene un alto calor específico y que las demás sustancias tienen bajo calor específico, es fácil entender que el agua es el mejor elemento reductor del calor, y por lo tanto, reduce la temperatura en otros materiales a un ritmo rápido.

Cuando se aplica agua a materiales calientes que se encuentran en o sobre su punto de ebullición ( 100°C) nos damos cuenta de la ventaja del alto rango de vaporización de su calor latente, eliminando el calor y bajando la temperatura en alto rango debido a su poder de enfriamiento.

El agua no es el único agente enfriante para la lucha contra el fuego, ya que cualquier agente externo agregado al fuego, actúa como enfriante y si cualquier agente enfriante es agregado rápidamente, la temperatura del combustible será reducida debajo de su temperatura de continuación de la propagación de la llama, y esto será por debajo de la temperatura de ignición

La circulación de combustible con un punto de inflamación superior a la temperatura ambiente, desde la parte inferior del recipiente que lo contiene, hacia la parte superior que se encuentra ardiendo, también extingue el fuego por su acción enfriante.

## SOFOCACIÓN

La reducción o reemplazo o exclusión del oxígeno o aire, es un método conocido y común para el control de la llama y la extinción del fuego.

Hay dos formas para la reducción del oxígeno del fuego.

**a.- El fuego puede ser completamente cercado, ( rodeado) por una envoltura que no permita al gas y al aire transferir o circular sobre la superficie ardiente. (Tapar el combustible ardiente)**

**b.- El aire sobre la superficie ardiente puede ser reemplazado por un gas inerte que no soporte la combustión. (CO<sub>2</sub> sobre la superficie encendida, causando el desplazamiento del aire)**

La espuma de alta expansión actúa como un sofocante, al ocupar el lugar del aire en el recinto de incendio, y a su vez, al estar constituidas sus burbujas con película de agua, estas actúan como elemento refrigerante, bajando la temperatura general del ámbito

## ELIMINACIÓN

Remoción del combustible. Este proceso de extinción de incendios, es una acción recomendable, cuando es posible llevarla a cabo.

El problema en general, son las dificultades que ocasiona practicar este tipo de maniobras en los incendios, y solo cuando se trata de combustibles líquidos, contenidos en tanques, en un lugar fijo es práctico actuar según este procedimiento, utilizando los medios existentes ( Bombas, cañerías y otros tanques).

En el caso de combustibles sólidos, y de gran volumen, se requieren maquinarias y mano de obra, que en general, no se encuentran fácilmente al momento del hecho.

El mojar los materiales que no han generado llamas, es una forma de eliminación del combustible, ya que al humectarlos estamos dificultando su calentamiento y posterior combustión.

## INHIBICIÓN

### SUPRESIÓN DE LOS RADICALES LIBRES

El método de extinción a través del copamiento o supresión de los radicales libres químicos, es un concepto que merece una breve explicación.

En el pasado, la acción superior de la extinción de incendios de ciertos materiales químicos no podría ser satisfactoriamente explicada.

El Tetracloruro de Carbono, un agente químico extintor, siempre demostró una acción extintora de alto nivel de eficiencia, tanto por su capacidad de inertar los gases como por su efecto enfriante.

Similarmente el Bicarbonato de Sodio y el de Potasio, en forma de polvos químicos secos, son capaces de extinguir fuegos en una manera eficiente, por su capacidad de remover el calor y la producción de CO<sub>2</sub>, en contacto con el fuego, lo que forma una capa inerte. En el fondo los efectos benéficos de estos polvos químicos secos fueron llamados Catálisis Negativa, en incendios, por falta de una mejor definición para explicar su acción eficiente en la eliminación de la llama.

Estudios más profundos de la reacción en cadena de la combustión, han revelado importantes descubrimientos de la formación en el fuego de fragmentos químicos inestables y temporarios, pero muy reactivos, los que son denominados **radicales libres**

En general, este mecanismo de copamiento de los radicales libres químicos es principalmente demostrado en fuegos de clase B, donde la llama de propagación ocurre en la fase gaseosa, juntamente con la vaporización del combustible, mas bien que con la descomposición del combustible.

Esta acción tiene lugar en la zona de la llama y no en el combustible en sí mismo.

Expuestas las cuatro formas básicas de extinción de incendios, debemos tomar conciencia de lo esencial, de tener un conocimiento bien formado del agente extintor a utilizar, en cada caso, y según el tipo de combustible comprometido.

En concordancia, podemos definir a un agente extintor como

**Un producto que por sus especiales cualidades se utiliza para la extinción de un incendio**

### CLASIFICACIÓN DE LOS FUEGOS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE.

Definición: Esta clasificación es útil en función de las técnicas de extinción.

En ella intervienen, además de la naturaleza química de los materiales, el medio e intensidad del fuego.

**CLASE A.** Son incendios de sólidos normalmente de naturaleza orgánica (compuestos del carbono), que dejan brasas.

Los fuegos de clase A, son los más comunes, por los materiales que intervienen.

El producto extintor más efectivo es el agua, tanto directamente como pulverizada.

**CLASE B.** Son incendios en que intervienen sólidos licuables, líquidos combustibles y gases combustibles.

Los líquidos combustibles se subdividen en dos clases: a y b.

Esta clasificación tiene como objeto la correcta extinción de estos fuegos cuya particularidad consiste en que:

- a) Ciertos líquidos son miscibles con agua.
- b) Otros líquidos no son miscibles con agua.

La facultad o tendencia de un líquido a mezclarse con el agua depende de la naturaleza química del combustible, el alcohol y el agua son miscibles; en cambio el agua y la nafta no lo son.

Igualmente recuérdese siempre que se refiera a líquidos combustibles, que solubilidad y miscibilidad son sinónimos.

**CLASE C.** Son aquellos en donde se hace presente la tensión eléctrica, y donde la extinción debe hacerse con su presencia.

**CLASE D.** Son fuegos en los que intervienen metales combustibles, de naturaleza complicada en cuanto a extinción.

## **AGENTES EXTINTORES**

Vistas las formas de comportamiento del fuego, los sistemas científicos de la extinción de los mismos a partir de la aplicación conceptual del Tetraedro del fuego y los tipos de fuego discriminados en una clasificación, que solo apunta al efecto de la extinción, pasaremos a considerar a cada uno de los agentes extintores más conocidos, según sus características, cualidades y aplicación en el trabajo de la extinción.

### **EL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR**

#### **LAS PROPIEDADES EXTINTORAS DEL AGUA**

El agua tiene la habilidad de absorber grandes cantidades de calor. La cantidad de calor es medida en términos de B.T.U. (Unidades Térmicas Británicas). Una Unidad Térmica Británica se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de

una libra de agua en un grado Fahrenheit.

A nivel del mar, el agua hierve y se vaporiza a 100°C. Sin embargo, la vaporización completa no ocurre en el instante en que el agua alcanza el punto de ebullición, porque cada libra de agua requerirá entonces aproximadamente 970 BTU de calor adicional para transformarse completamente en vapor.

Cuando un chorro de extinción es esparcido en partículas pequeñas, absorberá el calor y será convertido en vapor más rápidamente que si estuviera en una forma compacta, a causa de la mayor superficie de agua expuesta al calor.

Por ejemplo, si un cubo de hielo se deposita en un vaso de agua, tomará bastante tiempo para que absorba su capacidad de calor, porque un área de superficie de sólo 15 cm cuadrados del hielo está expuesta al agua, pero si este cubo de hielo se divide en trozos de 3 mm y colocados en el agua, una superficie de 121 cm cuadrados de hielo está expuesta al agua.

Las partículas de hielo finamente divididas absorberán el calor más rápidamente. Este mismo principio se aplica al agua en el estado líquido.

Otra característica del agua que ayuda en el combate de incendios, es su expansión cuando se convierte en vapor.

El agua se expande cuando se transforma en vapor. La cantidad de expansión varía con las temperaturas del área del fuego. A 100°C, un litro de agua se expande aproximadamente 1.700 veces su volumen original. A mayor temperatura, la cantidad de expansión será mayor.

Por ejemplo, a 260°C, la proporción de expansión es aproximadamente 2.400 veces y a 649°C la proporción es de 4.200 veces.

Podría ser conveniente visualizar una boquilla que descarga 284 litros de agua en forma de neblina cada minuto, en un área calentada aproximadamente a 100°C, y que esa agua se convierte en vapor.

Durante un minuto de operación 10 pies cúbicos de agua habrán sido evaporados y éstos se habrán expandido en aproximadamente 481 metros cúbicos (17.000 pies) de vapor.

Esto es suficiente vapor para llenar un salón de aproximadamente 3 metros de alto, 8 metros de ancho y 20 metros de largo.

En atmósferas extremadamente calientes, el vapor se expandirá a mayores volúmenes. La expansión del vapor no es gradual sino rápida, pero si el salón está lleno de humo y gases el vapor reemplazará estos gases.

A medida que el salón se enfría, el vapor se condensa y permite que el local se llene con aire fresco. El vapor producido puede ser también una ayuda en la extinción de incendios, sofocándolos cuando ciertos tipos de materiales arden.

Este sofocamiento es consumado cuando la expansión del vapor reduce el oxígeno en un espacio confinado.

El agua puede ser usada como agente sofocante, actuando sobre líquidos más pesados como el bisulfuro de carbono. Si el material es soluble en agua, como el alcohol, la acción sofocante no ocurrirá.

El agua también puede causar una acción sofocante en los incendios, por la formación de una emulsión sobre la superficie de algunos líquidos inflamables.

Cuando un chorro de agua agita la superficie de ciertos líquidos inflamables en combustión, la agitación puede ocasionar que el agua sea temporalmente suspendida en una burbuja de emulsión sobre la superficie y así sofocar el incendio.

Esta acción sólo ocurre cuando el líquido inflamable tiene suficiente viscosidad,

La viscosidad es la tendencia de un líquido a poseer una resistencia interna al flujo (Ejemplo: la del agua es baja; la de la melaza es alta). Un aceite combustible ligero (Grado N° 2) retendrá una emulsión por corto tiempo solamente, mientras que un aceite combustible más pesado (Grado N° 6) retendrá una superficie emulsionada por un período de tiempo mayor.

El agua que está presente en la emulsión absorbe calor del aceite adyacente, reduce la temperatura del mismo y disminuye la cantidad de vapores inflamables que son emitidos.

Resumiendo, de las propiedades extintoras de agua, se pueden señalar varias características que son extremadamente valiosas desde el punto de vista de la extinción de incendios:

- El agua tiene una mayor capacidad de absorción de calor en comparación con otros agentes extintores comunes.
- Una cantidad relativamente grande de calor se requiere para transformar el agua en vapor.
- Entre más grande es el área de superficie de agua expuesta, más rápidamente será absorbido el calor.
- El agua convertida en vapor ocupa varios cientos de veces su volumen original.

### TIPOS DE PRESIÓN

La rapidez con la que viaja el fluido a través de una manguera, es desarrollada por la presión sobre este fluido.

La rapidez de viaje a menudo se llama velocidad y la presión debe ser identificada según la clase de presión, porque la palabra "presión" con respecto a fluidos tiene un significado muy amplio.

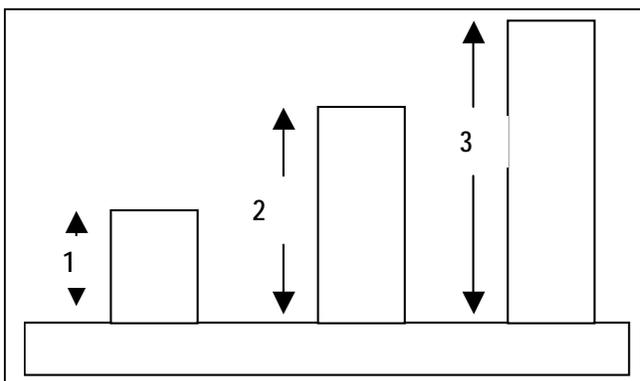
La presión, en un sentido normal, puede ser definida como una fuerza o energía que puede ser medida en libras por pulgada cuadrada (psi) (kilo Pascales -kPa).

El entendimiento de los términos presión estática, presión eje operación normal, presión residual y presión de flujo, es esencial. Estos términos identifican las clases de presión.

### PRESIÓN ESTÁTICA

Si el agua no está en movimiento, la presión ejercida es estática. Una definición de la presión estática de un flujo de agua podría ser la siguiente

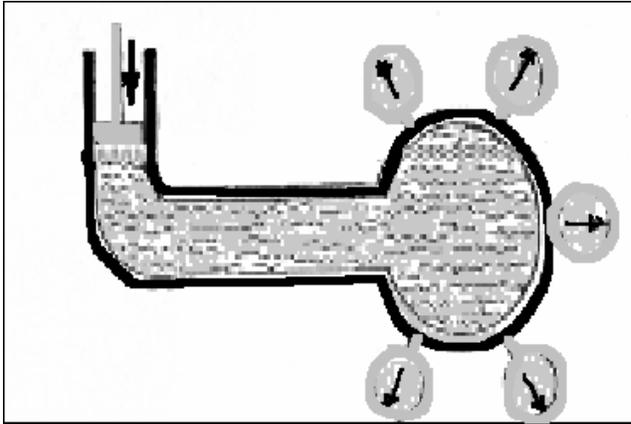
**“PRESION ESTATICA ES LA ENERGIA POTENCIAL ALMACENADA, QUE ES UTILIZABLE PARA IMPULSAR EL AGUA A TRAVES DE LA TUBERÍA, UNIONES, MANGUERAS Y ADAPTADORES.”**



***La presión hacia abajo ejercida por un líquido, es proporcional a la altura.***

En la figura podemos ver que la presión en el fondo del segundo, es dos veces la del primero y la presión en el fondo del tercero es tres veces la del primero

**La presión aplicada a un líquido confinado es transmitida en todas direcciones con igual intensidad.**



Vemos una esfera a la que se le puso una bomba y una serie de manómetros alrededor de la esfera.

Con la esfera llena de agua y con presión de la bomba todos los manómetros registran la misma lectura.

### **PRESIÓN DE OPERACIÓN NORMAL**

El flujo de agua para abastecer a los consumidores a través de un sistema

de distribución, fluctúa continuamente durante el día y la noche.

Una definición a la presión de operación normal de un flujo de agua puede ser la siguiente:

**“PRESION DE OPERACION NORMAL ES AQUELLA PRESION QUE SE ENCUENTRA EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCION DURANTE LAS DEMANDAS DE CONSUMO NORMAL.”**

### **PRESIÓN RESIDUAL**

El término residual representa la presión que queda en un sistema de distribución, en una localidad específica, cuando fluye una cantidad de agua. Una definición de la presión residual de un flujo de agua podría ser la siguiente:

**"PRESION RESIDUAL ES AQUELLA PARTE DE LA PRESION TOTAL DISPONIBLE QUE NO ES UTILIZADA PARA VENCER LA FRICCION O LA GRAVEDAD MIENTRAS EL AGUA ES IMPULSADA A TRAVES DE LA TUBERIA, UNIONES, MANGUERAS Y ADAPTADORES."**

### **PRESIÓN DE FLUJO**

La velocidad de un chorro de agua ejerce una presión que puede ser leída en un manómetro sobre un tubo Pitot. Una definición de la presión de flujo de una corriente de agua puede ser la siguiente:

**“PRESION DE FLUJO ES AQUELLA PRESION DE VELOCIDAD ORIGINADA EN UN ORIFICIO DE DESCARGA MIENTRAS FLUYE EL AGUA.”**

### **PÉRDIDA POR FRICCIÓN**

Si se hace una abertura en un sistema cerrado de tubería o manguera, habrá una diferencia de presión entre la presión interna y la presión atmosférica en el exterior del tubo o manguera.

Esta diferencia de presión hace que el agua fluya hacia presión menor. Esta pérdida de presión usualmente se llama pérdida por fricción o pérdida a causa de la fricción. La única presión utilizable para vencer esta resistencia es la presión total.

Una definición de pérdida por fricción de un chorro de extinción podría ser la siguiente:

**" PERDIDA POR FRICCION ES AQUELLA PARTE DE LA PRESION TOTAL QUE SE PIERDE MIENTRAS EL AGUA ES IMPULSADA A TRAVES DE TUBERÍAS, UNIONES, MANGUERAS, Y ADAPTADORES."**

La diferencia de presión en una línea de manguera entre un boquilla y un autobomba es un buen ejemplo de pérdida por fricción.

La pérdida por fricción puede ser medida introduciendo manómetros alineados en una línea de manguera. La diferencia en las presiones residuales entre los manómetros cuando el agua fluye a través de la manguera, será la pérdida por fricción de la longitud de manguera entre los instrumentos para esa proporción de flujo.

Un punto que debe ser considerado al aplicar presión al agua en una línea de manguera es que existe un límite para la velocidad o rapidez en que puede viajar el chorro.

Si la velocidad es aumentada por encima de este límite, la fricción llega a ser tan grande que el flujo entero es agitado por la resistencia.

Esta agitación ocasiona un punto de turbulencia llamado "velocidad crítica." Mas allá de este punto, se hace necesario utilizar paralelas o siamesas en las líneas de manguera para incrementar el flujo y reducir la fricción.

Algunas características de la disposición de las mangueras afectan la pérdida por fricción Para reducir la pérdida de presión debido a la fricción, considere lo siguiente:

- Revise los revestimientos irregulares en las mangueras viejas.
- Reemplace los acoples deformados.
- Elimine los pliegues agudos.
- Use los adaptadores sólo cuando sea necesario.
- Mantenga los boquillas y las válvulas completamente abiertos cuando sea posible.
- Use las empacaduras del tamaño adecuado.
- Utilice líneas pequeñas tanto como sea posible.
- Utilice mangueras más grandes o líneas múltiples cuando tenga que aumentar el flujo.

### **GOLPE DE ARIETE**

Cuando el flujo de agua a través de mangueras o tuberías es suspendido repentinamente, la onda resultante es definida como golpe de ariete.

El golpe de ariete puede ser escuchado a menudo como un ruido agudo, muy parecido al de un martillo al golpear un tubo.

Esta interrupción repentina origina un cambio en la dirección de la energía y ésta es instantáneamente multiplicada muchas veces.

Estas presiones excesivas pueden causar daños considerables a las tuberías principales, sistemas de tuberías interiores, mangueras y bombas contra incendio.

Los controles de los boquillas, hidrantes, válvulas y abrazaderas de mangueras deben ser manipulados lentamente para prevenir golpes de ariete

En un conducto que circula una cantidad de agua a una presión determinada, la energía cinética será igual a la masa de esa cantidad de agua por la altura que representa la presión impulsora.

Si el agua está circulando y se cierra bruscamente el paso del agua, esa energía produce un choque contra las paredes del tubo y ese choque, impulsa una porción del líquido hasta una altura bastante mayor que aquella que precede.

En las tareas de extinción de fuegos, y en especial cuando se utilizan lanzas con boquillas a grifo, en ciertas ocasiones se producen deterioros en las mangueras u otras partes del sistema hidráulico( empacaduras, manómetros, etc) que tienen como causa el golpe de ariete, al cerrarse bruscamente el paso del agua mediante la acción de una llave.

Ejemplo: Suponiendo que tenemos extendida una línea de 45 mm. de diámetro y de 60 metros de longitud, donde circula agua impulsada por una presión de 3 Kg. /cm<sup>2</sup>.

La masa del agua circulante será igual a la sección de la manga multiplicada por su longitud.

Aplicando las fórmulas conocidas, conocemos el volumen..

$$0,045 \text{ m} \times 0,045 \times 0,7854 = 0.001590 \times 60 \text{ mts.} = 0.095 \text{ m}^3.$$

$0.095 \text{ m}^3 = 95 \text{ dm}^3$ , y cada  $\text{dm}^3$  de agua pesa 1 Kg.

La masa del líquido pesa 95 Kg.

Como la presión del ejemplo es de 3 Kg. /cm<sup>2</sup>, y representa una altura de 30 metros.

En consecuencia 95 Kg. x 30 Mts. nos da un valor de 2.850 Kilográmetros

*(Un Kilográmetro es el trabajo desarrollado para vencer la fuerza de 1 Kg. a lo largo de 1 metro)*

**Conclusión:** Cuando se actúa con lanzas que llevan grifos o boquillas con cierres, cualquiera sea el diámetro y presión, y las circunstancias indican cerrar el paso del agua, ello debe hacerse en forma lenta, reduciendo la sección de descarga en forma progresiva, neutralizando así la fuerza del choque mencionado.



## TIPOS DE CHORROS DE EXTINCIÓN

Los chorros de extinción pueden ser definidos en función del tamaño o volumen.

Un chorro pequeño puede ser considerado como de bajo volumen cuando descarga menos de 151 Lt. /min (40 gpm), incluidos aquellos alimentados por líneas de manguera booster (impulsadoras).

Los chorros de líneas manuales pueden ser surtidos por mangueras de 38 mm (1,5 pulgadas) y 65 mm ( 2,5 pulgadas).

Los chorros surtidos por mangueras de 1,5 pulgadas tendrán capacidades fluctuando entre 150 Lt. /min y 455 Lt. /min (40 y 125 gpm), mientras que aquellos alimentados por

mangueras de 65 mm (2,5 pulgadas) descargarán de 445 Lt. /min - 1.150 Lt. /min (125 a 300 gpm).

Los boquillas con flujos por encima de 1.150 Lt. /min (300 gpm) no son recomendados para líneas manuales.

Un chorro maestro es un flujo de gran volumen que descarga más de 1.150 Lt. /min (300 gpm) y por lo general, es alimentado por dos o más líneas de mangueras unidas por un dispositivo de flujo maestro.

En cualquier clasificación, el chorro puede ser sólido o pulverizado.

## **CHORROS SÓLIDOS - CHORRO PLENO**

Los servicios de bomberos requieren de una boquilla de extinción para producir un patrón específico de chorro de agua a fin de realizar una función específica

La boquilla de chorro sólido está diseñada para producir un chorro tan compacto como sea posible, con poca llovizna o rocío.

Su habilidad para alcanzar áreas que no son accesibles por otros medios, ha establecido el chorro sólido como necesario para el servicio de bomberos

Cuando las boquillas de chorro sólido son utilizadas en una línea manual, se recomienda usar una presión de 350 kPa (50 psi) en la boquilla.

Si la boquilla ha de utilizarse en un dispositivo de chorro maestro, son recomendables 650 kPa (80 psi).

El flujo constante moderno o las boquillas de neblina de galonaje constante producirán, sin embargo un chorro directo que es sustancialmente equivalente a un chorro sólido.

## **CHORROS DE EXTINCIÓN**

Un chorro de extinción puede ser definido como un chorro de agua o de otro agente extintor, después de salir de la manguera y la boquilla hasta alcanzar el punto deseado en la configuración apropiada.

El perfecto chorro de extinción no puede ser definido exactamente, ya que los usos individuales y los requerimientos de extinción varían.

Mientras un chorro de agua atraviesa el espacio, es influenciado por su velocidad, gravedad, viento y la fricción con el aire.

La condición del chorro cuando sale de la boquilla es influenciada por las presiones de operación, el diseño y ajuste de la boquilla y la condición del orificio de la misma.

Los chorros de extinción tienen por objeto reducir las temperaturas y proveer protección mediante uno de los siguientes métodos:

- Aplicando agua directamente sobre el material incendiado.
- Reduciendo la alta temperatura atmosférica y absorbiendo y/o dispersando el humo caliente y los gases de combustión desde un área caliente en un espacio confinado.
- Reduciendo la temperatura sobre una llama abierta y de este modo permitir una mayor aproximación con las líneas manuales de manguera para efectuar la extinción.
- Protegiendo al personal de bomberos y las propiedades del efecto del calor mediante el uso de los chorros de extinción como cortina de agua.

## **CHORROS DE NEBLINA**

El término "chorro de neblina" es comúnmente usado en el servicio de bomberos para describir un flujo moldeado compuesto de gotas pequeñas.

Debe sobrentenderse que un chorro es un patrón de la boquilla de neblina regulable, mientras que un chorro sólido es descargado desde una boquilla de orificio liso.

## **CHORROS DISPERSOS**

Un chorro disperso puede ser un chorro sólido que ha sido fraccionado en gotas divididas toscamente.

Un chorro sólido puede convertirse en un chorro disperso a causa de las fuerzas de reacción y puede ser deseable que un chorro se rompa cerca del fuego para rociar el material que se quema.

Pueden ser empleados otros medios para producir chorros dispersos, tales como: las boquillas distribuidoras rotatorias, boquillas de cortina de agua, o dirigiendo dos chorros sólidos juntos en el aire.

Las gotitas son más grandes que las de un chorro de neblina y tienen gran penetración; en consecuencia, el chorro disperso puede ser útil en situaciones requiriendo estas cualidades de flujo donde ni un chorro de neblina y tampoco uno sólido serían tan eficaces.

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS CHORROS SÓLIDOS**

El límite extremo en que un chorro sólido de agua puede ser clasificado como efectivo no puede ser definido con precisión y es en sumo grado una materia de criterio.

Es difícil decir dentro de los 2 metros (5 pies) o en algunos casos, incluso, dentro de los 3 metros (10 pies), justamente donde un chorro deja de ser efectivo.

Cualquier impresión u observación que pudiera hacerse para clasificar los chorros sólidos reflejará a su vez las características de la condición de boquilla. Las observaciones y pruebas que cubren el rango efectivo de los chorros de extinción han clasificado como efectivos, aquellos chorros que en el punto de ruptura tienen las siguientes características físicas requeridas:

- Un chorro que en el punto de ruptura no ha perdido continuidad por romperse en lluvias de rocío.
- Un chorro que hasta el punto de ruptura parece descargar 9/10 del volumen completo de agua dentro de un círculo de 380 mm (15 pulgadas) de diámetro y 3/4 del agua dentro del centro de un círculo de 250 mm (10 pulgadas), tan cerca como pueda ser visualmente apreciado.
- Un chorro que probablemente fuese lo suficientemente firme para alcanzar en condición favorable la altura requerida, aunque una brisa ligera esté soplando.

El agua de una boquilla que produce un chorro de acuerdo con estas características sería lanzada más lejos que el punto de ruptura, pero más allá de este punto tiende a caer en forma de lluvia densa que es alejada fácilmente.

Estas características y el punto de ruptura

## **CAPACIDAD DE FLUJO DE LOS CHORROS SÓLIDOS**

El promedio de descarga de un chorro de extinción se mide en galones por minuto (gpm) o litros por minuto (Lt./min). El flujo de una boquilla es ampliamente determinado por la velocidad del chorro y el diámetro del orificio de descarga.

Estos dos factores son influenciados por otras fuerzas y por esta razón, serán considerados separadamente.

### **ALCANCE EFECTIVO DE UN CHORRO SÓLIDO**

Así como un chorro sólido proporcionará una descarga definida bajo condiciones dadas, también recorrerá una distancia predeterminada desde la boquilla.

El alcance de un chorro de extinción sólido es la distancia a la que éste puede ser lanzado efectivamente desde una boquilla.

Dos fuerzas, la gravedad y la fricción del aire, tienden a reducir este alcance.

Estas fuerzas opuestas deben ser superadas por la velocidad y el volumen del chorro. Ya que el chorro está fuera de control mecánico después que deja el boquilla, su velocidad mientras pasa por el espacio y la distancia que recorrerá son determinadas por esos dos factores.

Si el chorro es encerrado dentro de un tubo y sometido a una presión de 350 kPa (50 psi) en la base del tubo, el agua alcanzará una altura de 35 mt. (115 pies).

En otros términos si 7kPa (1 psi) eleva el agua en la tubería a 700 mm (2,3 pies), entonces 350 kPa (50 psi) la elevarán a 35 mt. (115 pies).

Si el mismo chorro de agua no es encerrado en una tubería sino que es dirigido verticalmente en el aire, el rendimiento cambia.

Después de dejar la boquilla, el chorro tiende a mantener su forma por una distancia considerable y luego comienza a ensancharse y dividirse en gotas.

Estas gotas de agua pronto pierden su movimiento y caen al suelo.

Este desprendimiento continúa hasta que sólo la parte interior de la columna alcanza la altura máxima. La fricción del aire sobre la superficie exterior de la columna de agua rompe el chorro y la fuerza de gravedad atrae las gotas hacia el suelo.

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS CHORROS DE NEBLINA**

Los factores que deben ser considerados cuando se selecciona una boquilla de neblina son: el tipo de chorro, el tamaño y peso de la boquilla y la simplicidad de su operación. El diseño de la boquilla de neblina controla ciertos factores que influyen en el chorro de neblina.

Una boquilla de neblina puede ser considerada de tener un diseño perfecto que reúne todos los requerimientos, pero sin la presión requerida puede ser inadecuada. La baja presión en la boquilla afectará adversa mente la calidad de la neblina de agua.

Una pregunta que ha sido de gran preocupación para los servicios de Bomberos es la relativa a las presiones de operación.

Cuando el diseño de la boquilla y la presión son considerados separadamente, es fácil poner demasiado énfasis en las presiones de operación.

A medida que las presiones se aumentan, aparecen factores que influyen en el

desarrollo del patrón del chorro de neblina, la velocidad del chorro, el tamaño de las partículas de agua y el volumen de agua descargada, son más importantes que cualquier exceso en la presión que pueda ser necesario para producir un chorro que alcanzará un objetivo deseado.

Aunque los diseños de boquillas difieren, el patrón de agua que es controlado por la gradación de la boquilla usualmente afecta la facilidad con que esta boquilla en particular puede ser manejada. Las boquillas de los chorros de extinción, en general, no son consideradas de fácil manipulación, especialmente las boquillas del tipo de chorro sólido.

Esta dificultad es debida al hecho de que el agua de una boquilla ordinaria de chorro sólido es proyectada directamente lejos de la boquilla y la reacción es igualmente fuerte en la dirección opuesta.

De este modo la reacción causada por la velocidad y la masa de un chorro directo que actúa contra la boquilla y las curvas de la manguera hacen que la boquilla sea difícil de manejar.

Si el agua puede dirigirse en ángulos hacia la línea directa de descarga, las fuerzas de reacción pudieran más o menos balancearse recíprocamente y reducir la reacción de la boquilla.

Este equilibrio de fuerzas es la razón por la cual los chorros de neblina pueden ser manipulados más fácilmente.

El rendimiento deseado de las boquillas de neblina absorberá y la proporción por la cual el agua se convierte en vapor.

Estos dos factores deben ser considerados cuando una boquilla de neblina se compara con otra, porque desde estos dos parámetros es que se obtendrá un descenso en la temperatura, el desplazamiento de humo y gases, y un mínimo daño por el agua.

## **VELOCIDAD DEL CHORRO**

La velocidad puede ser definida como el índice de movimiento de una partícula en una dirección dada. La dirección y el índice de movimiento son partes esenciales de la velocidad y pueden ser medidos y expresados pictórica o gráficamente.

La aceleración es el índice de desplazamiento, prescindiendo de la dirección. La medida exacta de la velocidad del agua hacia su objetivo es de poco valor para los bomberos.

No importa desde un punto de vista de extinción de incendios, si una partícula de agua se demora uno o cinco segundos para desplazarse de la boquilla al fuego, mientras el chorro alcance el objetivo en el patrón deseado,

Cuando un chorro es dirigido contra un obstáculo la velocidad es parcialmente reducida en proporción a la forma del obstáculo y al ángulo del objeto que golpea.

Si la superficie del obstáculo está en un ángulo recto con el chorro, toda la velocidad se perderá, pero si está a un ángulo menor, la pérdida será en proporción al ángulo.

Tan pronto como el agua es descargada de la boquilla, es llevada hacia adelante por su movimiento y hacia abajo por la fuerza de gravedad y su movimiento es retardado por la fricción con el aire.

Obviamente, mientras más rápido se desplace el agua hacia adelante mayor distancia recorrerá antes de ser atraída hacia la tierra por la gravedad.

Por lo tanto, la velocidad es un factor que determina el alcance de un chorro de neblina. El efecto que el diseño de la boquilla o sus ajustes tienen sobre un chorro de neblina, puede ser ilustrado operando dos boquillas ajustables idénticas a presiones iguales.

Puesto que las presiones son iguales en ambas boquillas, se puede asumir que el agua es descargada desde ambas a la misma velocidad, pero la diferencia en el ajuste de estas boquillas demuestra una marcada desigualdad en los dos chorros.

El diseño de la boquilla permite un ajuste diferente de la boquilla de neblina para producir distintos patrones de chorro desde las dos boquillas.

Este ajuste cambia el ángulo del orificio de descarga y permite un ajuste diferente de la boquilla de neblina para producir distintos patrones de chorro desde los dos boquillas.

Este ajuste cambia el ángulo del orificio de descarga y aumenta la velocidad del chorro. Los chorros de neblina deben ser llanamente divididos en un fino rocío con un patrón de descarga alrededor del "cono", a pesar de la colocación de la boquilla.

Una neblina de corto alcance tiene poca velocidad. Una neblina de largo alcance tiene una velocidad considerable y su alcance variará en proporción a la presión aplicada.

Los malos patrones de descarga de neblina de largo alcance son causados a menudo por las presiones insuficientes en la boquilla.

Hay un alcance máximo, sin embargo, para cualquier patrón de neblina de largo alcance y una vez que la presión de la boquilla es suficiente para producir un alcance satisfactorio, los incrementos adicionales en esta presión tendrán relativamente poco efecto sobre el chorro, a excepción de aumentar el volumen.

## **TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE AGUA**

Cualquier chorro de agua es retardado en su recorrido por el aire a causa de la fricción entre la superficie exterior del chorro y el aire.

Un chorro de neblina está compuesto de gotitas de agua. El aire se incorpora al chorro y se convierte en parte de él.

Un chorro de neblina es retardado por la fricción entre la superficie exterior del cono de neblina y el aire circundante, la turbulencia dentro del chorro, y el proceso de incorporación del aire.

Si dos chorros de neblina son del mismo diámetro y las gotitas de agua tuviesen la misma velocidad inicial, el que contenga más agua tendrá el mayor alcance, porque tendrá un movimiento mayor.

El tamaño de las gotitas tendrá algún efecto sobre el alcance del chorro de neblina a causa de la cantidad de aire asociado.

Ya que los chorros de neblina tienen un diámetro mayor en comparación con los chorros directos, hay más área sujeta a la fricción con el aire y su velocidad es retardada más rápidamente.

El agua puede ser dividida tan finamente que el aire parece estar saturado con una fina niebla y las pequeñas partículas de agua parecen estar suspendidas en el aire. Las partículas de agua, en esta forma, son tan finas que pueden ser alejadas del fuego por las corrientes de aire y no penetrar nunca en el área del incendio.

El resultado es que ellas no tienen una oportunidad para absorber el calor con la suficiente rapidez y cantidad para ser efectivas. A fin de mantener en movimiento y obtener el alcance y la penetración deseado, un pulverizador de agua puede ser efectivo.

Los patrones de neblina, deben ser suficientemente densos para penetrar en vientos moderados sin ser destruidos.

## **VOLUMEN DE AGUA DESCARGADA**

Otro factor que es determinado por el diseño de la boquilla y la presión en ésta, es el volumen de agua descargada.

Los chorros de neblina son superiores a los sólidos cuando se comparan sus cualidades de absorción de calor, pero los chorros de neblina deben tener suficiente volumen para penetrar al área calentada.

El agua no puede absorber toda su capacidad de calor a menos que sea convertida completamente en vapor.

Si una boquilla de bajo volumen es usada para producir partículas finamente divididas donde el calor es generado más rápido que lo que es absorbido, el fuego podría ser controlado hasta cierto punto, pero su extinción probablemente no se lograría.

Es esencial que un chorro de neblina proporcione un volumen de agua suficiente para que absorba el calor más rápidamente de lo que es generado.

## **ALCANCE DEL CHORRO DE NEBLINA**

Antes de que se introdujera "el dispositivo de corte de agua" a los boquillas de neblina, éstas eran consideradas fáciles de causar daños innecesarios con el agua.

Ellos tampoco tenían lo que entonces era considerado como la cualidad deseada de penetración a la verdadera base del fuego.

Otra seria objeción a estas boquillas de neblina era el pobre alcance del chorro.

El proceso de construcción de una boquilla para producir neblina a las presiones de trabajo normales, causó una reducción considerable en la velocidad del chorro.

Esta reducción de la velocidad también originó una seria disminución en el alcance, el cual requería una mayor aproximación al fuego.

Estas objeciones no estuvieron bien fundadas, ya que al espacio ocupado por el chorro de neblina se le dio poca consideración en esa época.

El alcance de un chorro de neblina y la facilidad de manejo de éste fueron después considerados de primera importancia, porque la extinción del fuego se obtenía por la aplicación directa del agua a la base del fuego.

La aplicación de la neblina de agua en el área calentada para absorber el calor y desplazar el humo no había sido todavía considerada. La aplicación de la neblina de agua para este propósito requiere que el chorro de neblina tenga suficiente alcance y volumen.

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS CHORROS DISPERSOS**

Los chorros dispersos son producidos por boquillas de chorro esparcido.

Son especialmente útiles para incendios en paredes, áticos y sótanos. La efectividad de la boquilla será determinada por la magnitud del incendio, su ubicación, y el tipo de combustible.

Cuando los chorros dispersos son usados en incendios de sótano, un distribuidor o boquilla para sótano se utiliza comúnmente.

Deben ser introducidos por agujeros hechos en el piso o a través de alguna otra abertura adecuada. Las obstrucciones ocultas pueden impedir la efectividad de la boquilla utilizada a través del agujero.

Ya que estas boquillas no poseen dispositivos de cortar el agua, se debe colocar una

válvula alineada para cerrar el agua en un lugar conveniente detrás de la boquilla. Baje la boquilla hasta que golpee algo sólido, como una prueba para obstrucciones.

Si la caída es lo suficiente lejana para indicar que no hay obstrucciones entre el piso y techo del sótano, suba la boquilla un poco más alto que la mitad del espacio recorrido y aplique el chorro.

Una cortina de agua es un chorro de extinción que toma aproximadamente la forma de una cortina o abanico entre un incendio y otro material combustible.

Una cortina de agua, es deseable a veces para proteger a los bomberos del calor. Quien haya tenido la experiencia de seguir a una boquilla de neblina dentro de una habitación caliente o contra un incendio, fácilmente puede apreciar esta aplicación.

La cortina debe cubrir una amplia área y ser razonablemente densa para satisfacer este requerimiento. Las pruebas han indicado que una cortina de agua entre el fuego y el material combustible no es tan efectiva como dirigir la misma cantidad de agua sobre la superficie del material combustible.

Por lo tanto, es mejor dirigir los chorros de extinción sobre las superficies expuestas en vez de establecer una cortina de agua entre un incendio y un material expuesto.

### **BOQUILLAS DE EXTINCIÓN**

Las boquillas de mangueras de extinción son agrupadas de acuerdo al tipo de chorro deseado y el propósito por el cual será utilizados.

Los tipos más comunes de boquillas son:

- Chorro Pleno o Sólido.
- Chorro de Neblina
- Chorro Disperso
- Chorro Maestro
- Chorro Especial

La boquilla de chorro pleno está diseñada para producir un chorro tan compacto como sea posible, con poca llovizna o rocío.

Su habilidad para alcanzar áreas que no podrían ser alcanzadas por otras boquillas ha establecido el chorro pleno como necesario para el servicio de bomberos.

Muchos diseños y formas de boquillas que producen chorro pleno están disponibles para el servicio de bomberos y los fabricantes están constantemente esforzándose por mejores diseños.

Aunque estas boquillas difieren en forma y tamaño, todos ellos se ajustan a las características físicas requeridas para las boquillas de chorro pleno. La conexión de válvula a la boquilla debe ser labrada con roscas de manguera de 38 mm (1,5 pulgadas).

La boquilla de neblina ajustable es el método más popular para producir un chorro de neblina. Estas boquillas pueden ser ajustadas desde un patrón de neblina de ángulo amplio hasta un patrón de chorro directo.

Recuerde que un "chorro directo" es un patrón de la boquilla de neblina ajustable, mientras que un chorro pleno es descargado desde una boquilla de orificio liso.

Es difícil deducir una línea exacta entre las boquillas de chorro disperso y de chorro de neblina, excepto que los chorros de boquillas de neblina son usualmente producidos en patrones definidos y en partículas más finas.



Un chorro disperso debe cubrir el mayor espacio posible y además proporcionar suficiente absorción de calor para extinguir un incendio.

Si es posible acercar la boquilla al fuego, la ruptura del chorro puede ser hecha en la boquilla. Estos chorros dispersos son útiles cuando se combate un incendio de sótano a través del piso superior o cuando se combate un incendio en un tabique.

El volumen de un chorro esparcido debe ser comparable al del chorro sólido.

Donde son utilizados los chorros dispersos, al daño ocasionado por el agua generalmente no se le da tanta importancia como a la extinción del incendio, ya que gran cantidad de agua es proyectada sobre toda el área.

Haciendo caso omiso al método utilizado para producir un chorro disperso, tales chorros tienen un propósito definido en el combate de incendios.

El término "chorro maestro" es aplicado a cualquier chorro de extinción que sea demasiado grande para ser controlado sin ayuda mecánica.

Se deben tomar precauciones de seguridad, como por ejemplo, amarrarlo.

Un chorro maestro puede ser pleno o de neblina y es producido usando boquillas especiales, líneas paralelas de manguera y bombas de gran capacidad.

Un chorro maestro pleno requiere una boquilla lisa grande; un chorro maestro de neblina requiere una boquilla de neblina de suficiente tamaño para descargar una cantidad de neblina de agua comparable en volumen a la del chorro pleno.

Debido a que los dispositivos de chorro maestro son usados desde posiciones fijas, la mayoría de ellos tienen ciertos medios para mover el chorro en un plano horizontal o vertical, o ambos.

Para permitir tales ajustes, el agua debe pasar a través de una o más curvas pronunciadas cerca del cuello del boquilla.

En algunos aparatos de chorro maestro más grandes, hay dos curvas que forman un lazo, con la configuración de los cuernos de un carnero.

Algunos otros de estos dispositivos tienen la forma de una "U" angular lateral.

La cantidad de pérdida por fricción variará de un dispositivo a otro.

Aunque la pérdida por fricción en un aparato de chorro maestro puede asumirse de que sea alguna cifra fija, como 70 o 1700 kPa (10 o 25 psi) cada Cuerpo de Bomberos debe determinar dicha pérdida en los dispositivos que tenga disponibles.

Los boquillas de chorros especiales son diseñadas con fines especiales para satisfacer necesidades específicas.

El grado en el cual tales boquillas son necesitadas en el servicio de bomberos depende de la situación particular que exista o del combustible específico que haya originado la situación.

El uso externo de procesos industriales riesgosos, el almacenamiento y transporte de líquidos inflamables, la prueba de combustibles y motores de aviación y la construcción de edificios en general son algunas de las actividades que han incrementado la demanda de boquillas de propósitos especiales para el combate de incendios.

Las boquillas deben ser inspeccionadas periódicamente para asegurarse de que se encuentran en condiciones de trabajo adecuadas.

Esta inspección debe incluir:

- Revisión de empacaduras.
- Revisión de daños externos.
- Revisión por daños internos y acumulación de residuos.

- Verificación de la facilidad de operación.

Las boquillas deben ser limpiadas completamente con agua y jabón, utilizando un cepillo de cerdas suaves.

## **EXTINCION DE INCENDIOS CLASE "A"**

El ataque en un incendio debe ser coordinado, para que pueda ser exitoso.

Dependiendo de las condiciones actuales; y las que se prevean, el Jefe del servicio puede decidir demorar al ataque para efectuar el rescate inmediatamente o aplicar una cortina de agua de protección entre el fuego y las personas que pudieran estar atrapadas

Los bomberos deben ejecutar las tareas ordenadas por el Jefe del servicio en el momento que éste desee que sean realizadas.

Ventilar un incendio, por ejemplo, antes que las líneas de ataque estén listas, puede ocasionar la propagación no deseada del fuego.

El esfuerzo de ventilación, cuando se efectúa adecuadamente, contribuirá sustancialmente a la entrada y ataque del personal que lleva las líneas de manguera.

Los bomberos que avanzan con líneas de manguera necesitarán llevar consigo ciertos equipos para poder entrar a la estructura y efectuar la extinción.

Este equipo incluirá al menos una linterna, arneses de rescate y herramientas de entrada forzada.

El pitonero debe purgar el aire en la línea abriendo la boquilla levemente. La operación de boquilla también debe ser verificada en todo su recorrido, para ajustar el selector de ataque en el patrón de dispersión adecuado.

Cualquier fachada, corniza o aleros que estén ardiendo debe ser apagado antes de entrar a la edificación.

Los bomberos deben esperar en la entrada, permaneciendo en cuclillas o a un lado de la puerta de entrada, hasta que el Oficial de la orden de avanzar.

Si el ataque se efectúa en coordinación con la ventilación, debe mejorar la visibilidad y puede obtenerse un reconocimiento más preciso de las condiciones del fuego.

## **ATAQUE DIRECTO**

El uso más efectivo del agua en fuegos incontrolados se consigue con un ataque directo desde una posición cercana con un chorro pleno o patrón de neblina de penetración (30° o menor) en la base de las llamas.

El agua debe ser aplicada directamente sobre el combustible en llamas en ráfagas cortas hasta que el fuego disminuya su intensidad

Los chorros no deben ser aplicados por mucho tiempo ya que el balance térmico puede ser alterado.

El balance térmico es el movimiento de los gases calientes hacia el techo después de aplicar el chorro de extinción.

Esto incluye la dispersión de vapores en expansión en todas las áreas del espacio confinado.

Si los chorros de agua se aplican durante un tiempo excesivo, el vapor comienza a condensarse provocando el descenso rápido del humo hacia el piso para luego moverse muy lentamente.

## **ATAQUE INDIRECTO**

Cuando los bomberos no pueden entrar a una estructura debido a la intensidad de las

condiciones en áreas confinadas, puede efectuarse un ataque indirecto.

Este ataque no es recomendable donde aún pudieran quedar víctimas atrapadas o donde la propagación del fuego hacia áreas no afectadas no puede ser controlada.

El ajuste de la boquilla oscilará desde la neblina de penetración (30°) hasta la neblina de ángulo moderado (60°) y debe ser dirigido hacia el techo, moviéndose de un lado a otro, donde se encuentran los gases con temperaturas sumamente elevadas.

Dirigir el chorro en la atmósfera donde se encuentran estos gases muy calientes cerca del techo tendrá como resultado la producción de grandes cantidades de vapor

Veintisiete litros de agua (0,03 m<sup>3</sup>) completamente evaporados se convertirán en 51,800 litros de vapor.

Al igual que se mencionó anteriormente, el chorro debe cerrarse antes de que se perturbe el balance térmico. Una vez que el fuego haya disminuido su intensidad, las líneas de manguera pueden avanzar para extinguir los puntos calientes restantes con un ataque directo.

## **ATAQUE COMBINADO**

El método combinado utiliza la técnica de la generación de vapores del ataque indirecto combinado con un ataque sobre los materiales en llamas cerca del piso.

La boquilla puede ser operada en los patrones "T, Z u O", comenzando con neblina de penetración dirigida a los gases calientes en los niveles del techo y después bajando rápidamente para atacar los materiales en combustión cerca de los niveles del piso.

El patrón "O" del ataque combinado probablemente sea el método más familiar y del que se abusa con mayor frecuencia.

Cuando se usa el patrón "O" el chorro debe dirigirse hacia el techo y rotarlo en el sentido de las agujas del reloj haciendo que los bordes del chorro lleguen al techo, pared, piso y pared opuesta.

Hay que tener en mente que la aplicación del agua al humo no extingue el incendio y únicamente ocasiona daños innecesarios por el agua, además de perturbar el balance térmico.

Los bomberos que ayudan al pitonero no deben agruparse detrás de la lanza ya que esto dificulta su manejo.

Los miembros del equipo de apoyo deben avanzar la manguera al pitonero, a medida que éste lo requiera.

Todos los miembros del grupo deben estar pendientes de una serie de condiciones potenciales de riesgo tales como:

- Colapso inminente de la edificación.
- Fuego detrás, abajo y arriba del grupo de ataque.
- Estrangulamiento u obstrucciones de las mangueras.
- Huecos o peligros de caídas.
- Cargas suspendidas en soportes debilitados por el fuego.
- Mercancía peligrosa o altamente inflamable que pueda derramarse.
- Posibilidad de explosión con corrientes invertidas o inflamación súbita generalizada.
- Riesgo de descarga eléctricas.
- Extralimitación, confusión o pánico de los miembros del grupo

## **SELECCIÓN DEL CHORRO**

Como se ha mencionado anteriormente, la técnica de aplicación de agua es exitosa únicamente si la cantidad de agua aplicada es suficiente para enfriar los combustibles que están en llamas.

El uso de mangueras pequeñas no solamente demora la extinción, sino que el volumen puede ser insuficiente para proteger a los bomberos del avance de las llamas.

La selección de las líneas de manguera depende de las condiciones del incendio y de otros factores tales como:

- Volumen de agua requerida para la extinción.
- Alcance requerido.
- Número de personas disponibles para la operación de la manguera.
- Requerimientos de movilidad.
- Requerimientos tácticos.
- Velocidad de despliegue.
- Propagación potencial del incendio.

Obviamente sería incorrecto escoger una línea de 38 milímetros (1,5 pulgadas) para atacar un incendio en una instalación comercial muy congestionada.

La línea no tendrá el volumen necesario ni el alcance.

También será incorrecto atacar un incendio familiar con una línea de 65 milímetros (2,5 pulgadas) descargando 940 litros por minuto (250 gpm).

La Tabla adjunta proporciona un análisis sencillo de las características del chorro de las mangueras pero no se pretende reemplazar el juicio de los bomberos para la selección del chorro de combate de incendio

Una vez que se han seleccionado las líneas de manguera y se ha determinado el método de ataque, los bomberos deben actuar siguiendo las instrucciones del Jefe del servicio. Las líneas de manguera tienen poco valor si no se avanzan hasta la base del fuego durante el ataque inicial.

Los grupos de ataque deben informar a su Jefe de Servicio si la cantidad de agua que se aplica es suficiente para contener el fuego o si existe evidencia de propagación del incendio hacia otras áreas del edificio.

Esta coordinación apresurará el control del incendio y reducirá los daños al permitir que empiecen las operaciones de salvamento e inspección minuciosa de comprobación tan pronto como el fuego sea contenido.

Evidencias sospechosas sobre el origen del incendio deben ser reportadas siempre y los miembros de la dotación deben tener cuidado para no dañar evidencias físicas de fuego premeditado.

Una vez contenido el fuego puede ser necesario relevar la dotación del ataque inicial. Los equipos de protección respiratoria todavía deben utilizarse durante las fases de limpieza y de inspección minuciosa de comprobación, debido a la presencia de gases de combustión.

Debe prestarse atención especial a paredes, tabiques o partes elevadas sobresalientes que puedan haberse desajustado por las actividades del combate de incendio. Si se encuentran objetos de valor, deben ser entregados inmediatamente al Jefe del Servicio.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CHORROS DE MANGUERAS				
Tamaño	16 a 25 mm (3/4 a 1 pg) (Carretel)	38 mm (1,5 pg)	63,5 mm (2,5 pg)	Maestro
L/min (gpm)	38 a 151 l/min (10 a 40 gpm)	151 a 473 l/min (40 a 125 gpm)	473 a 1325 l/min (125 a 350 gpm)	1325 a 7570 l/min (350 a 2000 gpm)
Alcance (Max)	8 a 15 m (25 a 50 pies)	8 a 15 m (25 a 50 pies)	15 a 30 m (50 a 100 pies)	30 a 60 m (100 a 200 pies)
Nº de personas a la lanza	1	1 o 2	2 a 4	1
Portabilidad	Excelente	Buena	Marginal a mala	Mala a ninguna. (Los chorros aéreos pueden ser excelentes)
Control de daños	Excelente	Bueno	Marginal	Malo
Control direccional	Excelente	Excelente	Bueno	Bueno
Cuándo se usa	Incendio interior muy pequeño. Imposible que se extienda el incendio Resguardo de bienes e inspección de comprobación.	Incendio incipiente, todavía bastante limitado para extinguirse con cantidad limitada de agua. Para ataque rápido. Para situar los chorros de nuevo rápidamente. Con número limitado de personal. Cuando la relación entre combustible y área sea mínima. Para protección contra peligros adicionales.	Tamaño e intensidad del fuego estén fuera del alcance de manguera de 38 mm. Para la seguridad del personal. Se requieran volúmenes más grandes y de mayor alcance para protección contra otros peligros.	Tamaño e intensidad del fuego están fuera del alcance de mangueras a mano. Haya suficiente agua pero el agua está limitada. Se requieran volúmenes más grandes y de mayor alcance para protección contra otros peligros. Haya suficiente capacidad para bombear. Se puedan tolerar cantidades excesivas de agua. Ya no se pueda mantener el ataque interior. Para la seguridad del personal.
Área efectiva (estimado)	Menos de un cuarto	De uno a tres cuartos.	Un piso o más involucrados.	Edificios grandes completamente involucrados.

## **EXTINCIÓN DE INCENDIOS CLASE B**

Todos los bomberos están familiarizados con la expresión:

### ***"Nunca utilice agua en incendios de Líquidos Inflamables"***

Sin embargo, la necesidad y la experiencia han demostrado que el agua es sumamente efectiva en la extinción o control de estos incendios

El control de incendio en líquidos inflamables puede ser efectuado en forma segura si se utilizan las técnicas adecuadas.

Estas técnicas exigen un conocimiento básico de las propiedades de los líquidos inflamables y los efectos del agua sobre ellos.

Los líquidos inflamables tienen algunas propiedades muy particulares que afectan su comportamiento en los incendios y su extinción.

Entre estas tenemos que:

- Flotan sobre el agua.
- Generan electricidad estática cuando fluyen.
- Pueden arder con fuerza explosiva.
- Generan vapores inflamables a temperatura ambiente.
- La llama se propaga rápidamente sobre toda la superficie expuesta.
- Pasarán por el rango de explosividad a medida que mezclas muy ricas para arder se ventilan

Considerando estas propiedades y las grandes cantidades de líquidos que se almacenan, se transportan y se utilizan, podemos decir de los líquidos inflamables que son un riesgo latente de incendio.

El uso de equipo de protección personal es necesario para reducir las lesiones en los bomberos y permitir un mayor acercamiento durante la extinción.

Los bomberos deben tener presente que al pararse en charcos de combustibles, o en corrientes de agua que contienen combustible, su ropa puede ocasionar quemaduras químicas por contacto y prenderse en llamas ante la presencia de una fuente de ignición.

Las llamas alrededor de válvulas de alivio o tuberías no deben ser extinguidas a menos que pueda interrumpirse el suministro de la sustancia que está fluyendo.

Los vapores que no se han quemado usualmente son más pesados que el aire y se concentrarán o formarán bolsas de gas en bajo estratos donde pueden ser encendidos.

Los bomberos deben controlar siempre las fuentes de ignición en las cercanías de gases inflamables o cuando existan fugas de líquidos inflamables.

Los vehículos, equipos eléctricos y chispas generadas por herramientas mecánicas manuales, pueden constituirse una fuente de ignición para encender fugas de vapores inflamables.

Un aumento en la intensidad del ruido o del fuego que sale de una válvula de alivio puede ser una indicación de ruptura inminente del recipiente.

Los bomberos no deben asumir que las válvulas de alivio son suficientes para liberar con seguridad el exceso de presión en condiciones de fuego intenso.

Muchos bomberos han fallecido al estallar los recipientes de líquidos inflamables, tanto grandes como pequeños, que han estado sometidos a la acción de las llamas.

En recipientes que contienen líquidos inflamables, esta situación de súbita liberación y consecuente vaporización del líquido es conocido como Blevé : Explosión de los vapores en expansión de líquidos en ebullición.

Una Blevé se presenta con la descompresión explosiva del recipiente, con el disparo de trozos del tanque y la formación de la típica bola de fuego con calor radiante.

Una Blevé ocurre con mayor frecuencia cuando las llamas entran en contacto con el recipiente en el espacio ocupado por los vapores y con una aplicación deficiente de agua para el enfriamiento.

### **USO DEL AGUA COMO AGENTE DE ENFRIAMIENTO**

El agua puede ser usada como agente de enfriamiento para extinguir incendios y para proteger áreas de exposición.

Mientras que el agua sin aditivos espumantes no es efectiva en incendios con naftas y alcoholes, los incendios con aceites más pesados pueden ser extinguidos mediante la aplicación de agua en forma pulverizada en cantidades suficientes para absorber el calor producido.

Existen fórmulas para determinar la tasa de aplicación necesaria para extinguir incendios de tanques y para hacer los cálculos en el sitio rápidamente, debiéndose tener cuidado para no rebasar los tanques.

El agua será de utilidad como agente enfriante para proteger las áreas expuestas. Para que sea efectivo, el chorro de agua debe ser aplicado de tal manera que forme una película sobre las superficies expuestas.

Esto es válido para combustibles ordinarios y otros materiales que puedan debilitarse o colapsar, tales como tanques metálicos o paredes de soporte. El agua aplicada a tanques de almacenamiento debe dirigirse por encima del nivel del líquido almacenado para alcanzar la mayor efectividad en el uso del agua.

### **USO DEL AGUA COMO HERRAMIENTA MECANICA**

El chorro de agua puede ser utilizado para mover el combustible, si está ardiendo o no, hacia áreas donde pueda quemarse con seguridad y donde las fuentes de ignición puedan controlar con mayor facilidad.

Nunca se debe derramar o dirigir hacia alcantarillas o cloacas. Los bomberos deben usar el patrón de neblina de ángulo amplio o de penetración para la protección del calor radiante y para evitar dirigir el chorro dentro del líquido.

Dirigir un chorro concentrado hacia líquidos inflamables ardiendo provoca un aumento de la producción de vapores inflamables y aumenta considerablemente la intensidad del fuego.

El chorro debe ser desplazado suavemente de lado a lado y el combustible o fuego, "barrido" a la ubicación deseada.

Se debe tener cuidado para mantener el borde de ataque del chorro de neblina en contacto con la superficie del combustible. De lo contrario, el fuego puede correrse debajo del chorro y regresar rápidamente abrazando a la dotación de ataque.

En algunos casos, el fuego puede ser arrinconado con las mangueras contra una barrera y después se puede barrer las llamas de la superficie mientras el producto se mantiene confinado.

Donde se presenten pequeñas fugas, se puede aplicar un chorro concentrado directamente en el orificio para detener el líquido que se derrama.

La presión del chorro debe ser mayor que la del material que se derrama para que

pueda ser efectiva.

Se debe tener cuidado para no rebasar el recipiente.

El agua también puede ser usada para disipar el vapor de las llamas usando el chorro de niebla.

Estos chorros ayudan a diluirlos y dispersarlos, controlando en pequeña escala el movimiento de los vapores a una dirección deseada.

### **USO DEL AGUA COMO SUSTITUTO**

El agua puede ser usada para desplazar el combustible de las tuberías o tanques. Los incendios que se alimentan por fugas se pueden extinguir bombeando agua en la tubería o llenando el tanque de agua hasta una altura superior al nivel de la fuga.

Esta acción hará que el producto volátil flote sobre el agua, siempre y cuando el caudal del agua sea mayor que el de la fuga.

Debido a la gran proporción de agua que se requiere, rara vez se utiliza para diluir líquidos inflamables y controlar el fuego.

Sin embargo, esta técnica puede ser útil para incendios pequeños donde es posible contener el derrame.

### **USO DEL AGUA COMO CUBIERTA PROTECTORA**

Se pueden utilizar líneas de mangueras como cortinas protectoras para el personal que avanza, con el objeto de cerrar los combustibles líquidos o gaseosos

La coordinación y movimiento lentos y deliberados proporcionan una relativa seguridad ; contra las llamas y el calor.

Mientras una línea puede ser usada como cubierta protectora, es recomendable utilizar dos líneas con otra de respaldo para controlar el fuego.

Cuando los depósitos de líquidos o gases inflamables están expuestos a la acción directa de las llamas, se deben usar chorros concentrados desde su máximo alcance efectivo hasta que la válvula de alivio se cierre.

Esto puede ser logrado corriendo el chorro sobre la parte superior del tanque de forma tal que el agua escurra por ambos lados del mismo.

Esta película de agua enfriará el espacio ocupado por los vapores en el tanque.

Los soportes metálicos en la base del tanque también deben ser enfriados para prevenir que colapsen.

En este estado, los chorros pueden ser avanzados bajo patrones de neblina que se abren progresivamente para efectuar reparaciones temporales o cerrar válvulas.

Debe contarse con una línea de respaldo conectada a una bomba con fuente de agua separada para proteger a los bomberos en la eventualidad de falla de alguna de las líneas o si se requieren enfriamiento adicional.

La aproximación a recipientes de almacenaje debe hacerse perpendicularmente al mismo y nunca desde los extremos.

Los recipientes con rupturas frecuentemente se fraccionan en dos y se convierten en proyectiles.

## **LAS ESPUMAS**

### **ANTECEDENTES HISTÓRICOS.**

Las espumas aparecen a fines del siglo XIX, destinadas a combatir en primera instancia los incendios de carbón, a esa fecha vital combustible para la naciente industria europea.

Las espumas de la época reciben el nombre de ESPUMAS QUIMICAS, ya que el producto extintor generado era el resultado de una reacción química, básicamente Bicarbonato de Sodio y Sulfato de Aluminio, que originaban burbujas de Bióxido de Carbono, al cual se le agregaba un estabilizador en forma de gelatina de Hidróxido de Aluminio.

Se ha podido determinar que el primer antecedente histórico sobre la materia existente, es la patente concedida bajo el número 560 y conocida como "la patente de Johnson", de 1877, que señalaba su objeto era "producir una composición, que debido a sus características espumosas... pudiera flotar en la superficie del petróleo de forma de extinguir los incendios y prevenir su reignición"

A comienzos del presente siglo, esta materia (espuma química para alcoholes) cobra especial auge, en particular hasta la década de los años 30. Un decenio más tarde nacen las espumas proteínicas, las llamadas fluoroproteínicas y las sintéticas acuosas ( tipo AFFF ).

En las primeras se combinan proteínas hidrolizadas y aditivos fluorados compatibles.

Las segundas combinan detergentes de base sintética con aditivos fluorados formadores de película.

Las fluoroproteínicas se caracterizaran por su fluidez resistencia a la temperatura y tolerancia a los combustibles (no contaminación), mientras las sintéticas son de gran fluidez y toleran bien la mezcla con combustibles, pero tienen una resistencia a la reignición menor, debido a su mayor fluidez.

Finalmente, en los últimos años, han aparecido espumas que, combinando lo mejor de una y otras, han producido espumas de alta calidad y poder de extinción.

De especial interés, por ser resultado de la combinación de las mejores características de sintéticas y fluoroproteínicas, es la primera de las señaladas.

Con ello logra combinar la rapidez de extinción de las sintéticas, con la capacidad de resistencia al calor y la reignición de las fluoroproteínicas, de las cuales recibe también su alta capacidad para mezclarse con combustibles volátiles, sin contaminarse.

La combinación de proteínicas en lugar de detergentes, sumados a aditivos formadores de película acuosa, permiten una espuma de tipo universal, de gran y creciente empleo en diversos tipo de emergencias.

### **COMPOSICIÓN DE LOS AGENTES ESPUMÓGENOS**

#### **PROTEÍNAS HIDROLIZADAS**

Se caracterizan por producir espumas estables, compactas y resistentes a la reignición, si bien su velocidad de extinción es lenta en comparación con otras.

Ello se logra en atención a la membrana polimérica que se forma, y los compuestos proteínicos sólidos que la conforman, los que le otorgan elasticidad, fuerza mecánica, capacidad de retención de agua y alta resistencia al calor. Su resistencia a la contaminación es, en todo caso, limitada.

## **ADITIVOS (SURFACTANTES) FLUORADOS**

Caracterizados por una tensión en superficies bajas, pero con óptima compatibilidad con los combustibles, a diferencia de aquellas integradas por detergentes (sintéticas), las espumas que producen son fluidas, de gran rapidez de cobertura de la superficie afectada, pero con menor capacidad de resistencia a la reignición que las proteínicas. Algunas de estas fluoroproteínicas, tiene capacidad para formar una película acuosa sobre la superficie de hidrocarburo, permitiendo el más rápido control del fuego, e incluso pudiendo ser aplicada desde lanzas no especiales.

## **DETERGENTES SINTÉTICOS**

Proporcionan espumas que cubren con gran rapidez, quizás son las más veloces con buena capacidad de control, pero por la poca estabilidad de los detergentes a los hidrocarburos ( poca resistencia a la contaminación) y su limitada resistencia al calor y la reignición son inferiores en este aspecto a los tipos antes descritos.

Pertenecerán al primer grupo las llamadas ESPUMAS PROTEINICAS, al segundo los tipos FLUOROPROTEINICAS y RESISTENTE A LOS ALCOHOLES DE TIPO FLUOROPROTEINICAS y al tercero las FORMADORAS DE PELICULA ACUOSA AFFF, las de ALTA EXPANSION y las RESISTENTES A LOS ALCOHOLES DE TIPO SINTETICO.

## **CARACTERÍSTICAS**

Ellas pueden ser definidas como masas de burbujas de aire o bióxido de carbono dispersas en el agua, que mediante un estabilizador produce una capa resistente al ataque del calor y los vapores de combustión, y pueden mantenerse durante un cierto periodo de tiempo.

Para lograr pasar de una fase gaseosa a una líquida, es indispensable añadir agentes estabilizantes al agua, de modo que esta pueda retener el gas y proporcione a la espuma, la necesaria estabilidad, capacitándola para poder resistir el ataque de los vapores, del calor y del combustible, durante un lapso de tiempo determinado.

Por tanto la espuma es el resultado de la combinación de agua, concentrado y aire. De interés, se estima señalar que siendo la mayoría de los líquidos inflamables más livianos que el agua, en particular los productos derivados del petróleo como bencina, gasolina, kerosene, combustible de aviación, petróleo diesel y aceites lubricantes, la aplicación directa de agua sobre ellos no produce ningún resultado ya que el agua se hunde y el fuego sigue ardiendo.

La espuma, al contrario, al ser aplicada, forma una sólida capa sobre el fuego lográndose un doble objetivo:

- Sella la salida de vapores, negándole el oxígeno del aire y
- el agua contenida en la espuma enfría el combustible, impidiendo de esta manera la generación de nuevos vapores inflamables.

Por ello podría decirse que "la espuma es la forma de lograr que el agua sea lo suficientemente liviana como para flotar en la superficie de los combustibles".

De allí, podemos establecer las tres principales características de las espumas:

### ***EXPANSION, ESTABILIDAD y PORCENTAJE DE CONCENTRACIÓN***

#### **EXPANSIÓN**

Está referida a los porcentajes de aire y concentrado (espumógeno) necesarios para

obtener una adecuada espuma. De acuerdo a ello, las espumas podrán ser de tres tipos:

**DE BAJA EXPANSION:** Caracterizadas por expansiones de 50 a 1, en la práctica de 10 a 1; y son el resultado del empleo de lanzas especiales de espuma, sean manuales, monitores, etc., trabajando con un sistema de pre-mezclador, o generados desde la máquina misma.

**DE MEDIA EXPANSION .** Se caracterizan por expansiones de 500 a 1, en la práctica de 75 a 1 y hasta 150 a 1. Se obtiene mediante el empleo de lanzas especiales equipadas con red en el aplicador.

**DE ALTA EXPANSION :** Caracterizadas por expansiones de 500 a 1 y hasta 1500 a 1, en la práctica bomberil varían de 750 a 1 hasta 1000 a 1, son producidas por equipos generadores con ventilador y red especial.

### **ESTABILIDAD**

Es el resultado del grado de presión al cual se agita la mezcla de burbujas y concentrado. A mayor presión, más pequeñas las burbujas y más uniforme su distribución, el escurrimiento del agua será más lento y la estabilidad mayor. Es el agua que contiene lo que da a la espuma su fluidez y la capacidad para resistir fuego y calor.

### **PORCENTAJE DE CONCENTRADO**

Es el tercer y primordial elemento a considerar.

Se ha podido determinar que las mezclas pobres o demasiadas ricas en concentrado, dan por resultado espumas muy débiles (como sopa), o excesivamente rígidas, tan ineficaces tanto unas como otras.

Consecuencia de ello es que recomienda cumplir con las pautas que los propios bidones traen respecto del porcentaje requerido y se emplee el equipo adecuado (pre-mezclador y lanza).

### **COMO TRABAJAN**

La espuma es un agente enfriador y extintor, que forma un sello sobre el combustible.

Se la usa para extinguir siniestros de combustibles e inflamables, a la vez que para prevenir los vapores inflamables de los mismos y enfriar las probables fuentes de re-ignición.

Las burbujas de la espuma son el medio para llevar agua al fuego.

Las espumas extinguen de cuatro formas:

**SOFOCANDO:** el fuego e impidiendo al oxígeno del aire mezclarse con vapores inflamables.

**SUPRIMIENDO:** los vapores inflamables e impidiendo que ellos sean liberados, al formar una barrera hermética sobre la superficie.

**SEPARANDO:** las llamas de la superficie del combustible e impidiendo nuevas evaporaciones

**ENFRIANDO:** el combustible y las superficies metálicas adyacentes

Es de interés recordar que los Polvos Químicos Secos extinguen pero no enfrían y de allí la conveniencia de que ciertos siniestros se trabaje con químicos secos y espumas, extinguiendo los primeros y obteniendo el enfriamiento los segundos.

Este especial resultado, lo logran las espumas gracias a sus características principales.

- **creando una manta firme, consistente y adherente a las superficies,**
- **suprimiendo los vapores calientes reteniendo el agua contenida en la superficie impidiendo que caiga al fondo.**

- **resistiendo al calor y la reignición,**
- **fluyendo rápida y libremente sobre la superficie afectada y**
- **teniendo capacidad de resistir la contaminación de los combustibles al mezclarse con estos.**

De ello puede determinarse que las principales propiedades de las espumas son:

**LA FLUIDEZ:** su capacidad de cubrir en forma rápida las superficies afectadas, extinguiendo el fuego.

**DRENAJE:** el lento gradual y dosificado escurrimiento del agua contenida en las burbujas de la espuma, enfriando el combustible.

**RESISTENCIA AL CALOR:** tanto en acción ofensiva (Knock-out del fuego) como defensiva (impidiendo la reignición), y finalmente,

**TOLERANCIA AL COMBUSTIBLE:** su capacidad de evitar ser contaminada por este, perdiendo su capacidad de extinguir el siniestro.

### **CLASIFICACIÓN DE LAS ESPUMAS**

Tradicionalmente las espumas fueron de dos tipos, las

#### **ESPUMAS QUIMICAS y LAS ESPUMAS MECANICAS**

Las primeras eran las que actuaban como resultado de una reacción química, como se explica en el análisis de la evolución histórica de las espumas. Por su parte las MECANICAS, son el resultado de la mezcla de agua y concentrado (espumógeno), que les dan características específicas, que les permiten formar burbujas de aire.

Las espumas QUIMICAS han quedado obsoletas, y actualmente son las espumas MECANICAS las de uso, y a su análisis dedicaremos el presente párrafo. Cabe hacer presente que algunos autores las clasifican en espumas de alta, media y baja, de acuerdo a su expansión, tema ya analizado anteriormente.

Las espumas MECANICAS pueden ser de dos tipos, PROTEINICAS Y SINTETICAS. Las primeras son el resultado de concentrados de líquidos hidrolizados (concentrados proteínicos de plumas, huesos, pezuñas, etc., más agua) y las segundas están compuestas sobre una base de detergentes y aditivos.

Analizaremos unas y otras, en sus diversos tipos y características:

#### **ESPUMAS MECÁNICAS PROTEÍNICAS Y ESPUMAS PROTEÍNICAS.**

Son las más comunes y datan de la década del 40. Sus principales características son su: ELASTICIDAD, CAPACIDAD DE RETENCION DEL AGUA, FUERZA MECANICA Y RESISTENCIA AL CALOR

Se presentan de color oscuro y aspecto VISCOSO, resultado de las sustancias incorporadas en ellas. Tienen un resultado probado de protección ante riesgos de siniestros de incendios de hidrocarburos (TIPO B). Las descriptas son sus principales ventajas, las DESVENTAJAS de ellas son:

- Fácilmte contaminables por los combustibles, lo que determina un cuidadoso empleo de ellas para evitar que la espuma se hunda bajo la capa de combustible, que la llevaría a perder capacidades pudiéndose producir fácilmente la reignición.
- Su capacidad de contención y extinción del fuego (rapidez de desplazamiento sobre la superficie afectada), son más lentas que otras espumas.
- No son adecuadas para emplearse sobre alcoholes, solventes polares, etc.
- No son compatibles con químicos secos y
- Han sido desplazadas del empleo masivo de bomberos, por nuevos y mejores

tipos de espumas.

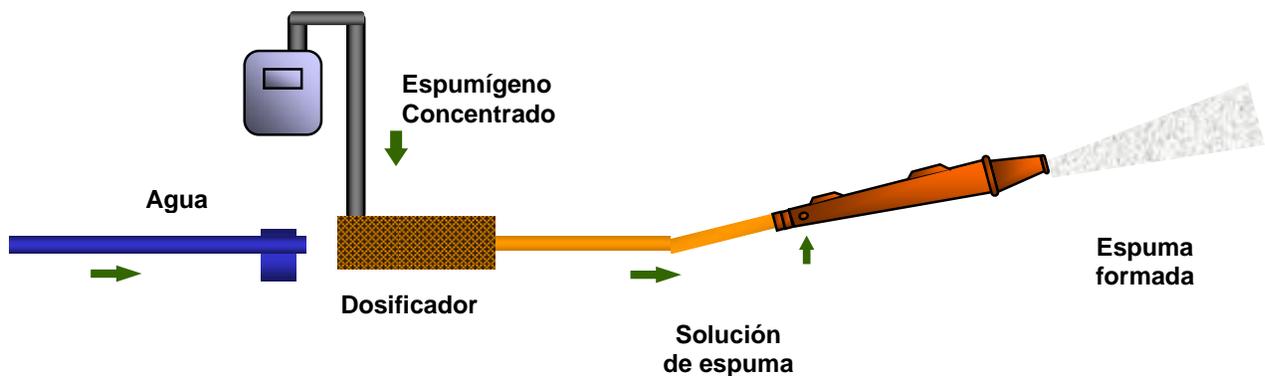
### **CONCLUSION**

Las espumas PROTEINICAS cumplen las cuatro funciones básicas de las espumas: SOFOCAR, ENFRIAR, SUPRIMIR Y RESISTIR, pero si bien son de alta seguridad, por su resistencia al calor, carecen de la necesaria rapidez para asegurar un pronto Knock-out del fuego.

Se emplean en porcentajes del 3% y 6%, con equipos de espuma de baja expansión, pudiendo ser usadas con agua dulce o salada.



### **PRODUCCIÓN DE ESPUMA MECÁNICA**



### **ESPUMAS FLUOROPROTEÍNICAS**

Tiene una base similar a las antes analizadas, pero a ellas se han agregado aditivos fluorados, que le otorgan una mayor fluidez, una mayor resistencia al calor y por ende una seguridad mayor que las proteínicas comunes.

Esta nueva característica les permite soportar mejor la mezcla con el combustible sin contaminarse, y por la suma de ellas, dar un mejor resultado a su empleo.

Sus ventajas son:

- Una gran rapidez de extinción
- Resistente al calor y la reignición (factor seguridad).
- Se adhiere a las superficies metálicas, no dejando posibilidad de reignición (especialmente ventajoso en las paredes de estanques de combustible)
- Puede ser empleada con agua dulce o salada, y es compatible con químicos secos y otras espumas proteínicas.

Sus limitaciones son básicamente:

- No tiene la rapidez de extinción de las sintéticas, caso de la AFFF, si bien lo tiene más que las proteínicas comunes.
- Es adecuada para los incendios en que están afectados solventes polares o alcoholes.

Recomendación de empleo:

Su uso simultáneo con espumas sintéticas, como la AFFF, asegura un óptimo resultado al combinar la rapidez de la primera con la seguridad y resistencia de la fluoroproteínica, siendo ambas compatibles entre sí, tal como la fluoroproteínica lo es con los químicos secos.

Se recomienda su empleo en porcentajes del 3% y 6%, y es compatible con otros tipos de espumas del tipo proteínico.

Puede ser empleada desde lanzas y monitores y por vía de inyección subsuperficie en estanque de combustible

### **FLUOROPROTEÍNICAS RESISTENTES AL ALCOHOL.**

Nacen como una respuesta los problemas que enfrentan las espumas proteínicas y sintéticas tradicionales, frente a siniestros que afecten a alcoholes o solventes polares. Estos atacaban la espuma tendiendo a disolver el agua contenida en ellas, haciendo que perdiera su capacidad de extinción.

Fue necesario por ende, crear una espuma que fuera resistente a estos solventes, que no se contaminara y por ello tuviera la capacidad de controlar este tipo de siniestros.

Ello se logró al reforzar químicamente la pared de la burbuja de agua, formándose de esta manera una sólida membrana polimérica, que al extenderse sobre la superficie del combustible, separa esta de la espuma, impidiendo que ella se vea afectada y destruida.

Los solventes polares, principal adversario de este tipo de espumas, cubren una amplia gama, y entre ellos deben destacarse los: ALCOHOLES (Metanol, Etanol e Isopropano), las CETONAS (Acetona y Metil-etil-acetona), el MONOMERO DE ESTIRENO, el ACETATO DE VINILO, el ACRILONITRILLO y otros.

Este tipo de espuma, de óptimo resultado, se encuentra en uso en la mayor parte de los cuerpos de Bomberos de Europa y EEUU, ya que reúne, en una sola espuma las propiedades de la AFFF (rapidez), con la seguridad y resistencia de las FLUOROPROTEÍNICAS, asegurando de esta manera un excelente resultado en siniestros que puedan afectar tanto a hidrocarburos como a solventes polares destructores de espuma común.

### **ESPUMAS MECÁNICAS SINTÉTICAS DE ALTA EXPANSIÓN**

Sus principal característica es la de producir grandes volúmenes de espuma, con porcentajes de expansión de 1000 a 1 (debe recordarse que las de baja son de 10 a 1), con el solo empleo de grandes cantidades de agua.

Su producción requiere de un equipo especial, no sirviendo al efecto las lanzas normales para espuma, que solo lo son para las que se clasifican como de media o baja expansión. El equipo recibe la denominación de Generador de Espuma.

La espuma de alta expansión controla el incendio al cumplir los requisitos de toda espuma, ENFRIANDO, SOFOCANDO Y REDUCIENDO EL PORCENTAJE DE OXIGENO DEL AIRE, que se transforman en vapor al disolverse.



Se emplea preferentemente en incendios con zonas de difícil acceso (recintos cerrados), o en que la magnitud del siniestro, peligros de derrumbes, u otras situaciones similares, crean dificultades que no pueden ser vencidas con procedimientos convencionales de extinción, lográndose de esta forma una completa extinción del lugar y a la vez el desplazamiento de vapor, humo y calor.

La espuma de alta expansión es recomendada para siniestros tipo A, y solo debe emplearse en los de tipo B limitadamente, en atención a que la delgada capa que forma este tipo de espumas carece de la necesaria resistencia para hacer frente al calor que este tipo de siniestros genera, permitiendo escapen vapores y corriéndose el riesgo de eventuales explosiones en combustibles de bajo Flash Point y sobre-presión de vapores con peligro para la integridad del personal que allí trabaja.

El empleo recomendado del equipo ( generador), incluye el que este debe colocarse al aire libre, NUNCA EN RECINTOS CON HUMO O CALOR, ya que afectan la capacidad de generación de espuma, por requerir el sistema una importante dosis de aire fresco. (El equipo se instala de preferencia en un lugar sin humo).

De no logra efectividad con ello, deben crearse en el interior condiciones de ventilación por medios mecánicos que aseguren el adecuado uso del equipo (ejemplo, mediante el uso de una boquilla con neblina, para lograr tal efecto.)

Además, el generador debe estar siempre a igual, o superior nivel que el área afectada, nunca en un nivel inferior, ya que en este caso la espuma generada se devuelve al equipo, con los problemas y riesgos consiguientes.

Se ha logrado usar exitosamente para extinguir incendios convencionales, pero de difícil acceso, cuyo caso es importante el considerar la magnitud del siniestro, altura y superficie del área afectada, a la vez que la necesidad de contar con varios puntos de acceso para lanzar la espuma, debiendo cerrarse todas las salidas o ventilaciones existentes para lograr el buen éxito del procedimiento empleado.

Una importante recomendación consiste en que el personal que trabaje en el interior de una masa de Espuma de Alta Expansión, debe usar equipo de Respiración Autónomo, debido a la alta capacidad de contaminación que esta espuma tiene, con las sustancias que se encuentra extinguiendo, con el consiguiente riesgo para la salud de los bomberos que allí se encuentran.

Como corolario, puede determinarse:

#### **Sus ventajas:**

- Llega a los lugares más inaccesibles, limitando el riesgo del personal que en caso contrario debería penetrar el interior.
- Minimiza el daño que causa el agua.

- Puede ser empleado en zonas en que existe limitación de fuentes de agua, como alternativa de ésta.
- Extingue con rapidez, por la velocidad de su desplazamiento.

**Sus limitaciones:**

- Es pobre su capacidad de resistencia al fuego, debido a su ligera composición.
- No puede ser empleada en alcoholes o solventes polares.
- No es compatible con químicos secos, que la destruyen.
- Las condiciones de temperatura ambiente, a la vez que una limitada aireación, afectan sus posibilidades de extinción.

### **ESPUMA FORMADORA DE PELÍCULA ACUOSA O AFFF**

Pueden ser definidas como elementos sintéticos, con agentes tensoactivos, que drenan formando una película sobre el combustible, eliminando los vapores calientes y extinguiendo el fuego.

Ello se logra debido a que la película acuosa impide la salida de los vapores, resistiendo la reignición, a la vez que la capa de espuma elimina el acceso al oxígeno de la superficie, y por su parte, el agua contenida en la espuma, produce enfriamiento del combustible.

Su principal característica es la rapidez de aplicación y capacidad de "Knock-Out" del fuego, en grandes superficies, siendo especialmente recomendada en rescates y accidentes, en que los factores de velocidad de extinción son críticos.

**Se Recomienda:**

- Su empleo en fuegos de hidrocarburos, el que tras el empleo inicial de AFFF, se cubra con espuma del tipo Fluoroproteínicas, que sella con alta seguridad y con la cual es compatible.
- Se emplea con equipos normales de baja expansión.
- Es compatible con el sistema de químicos secos, dando origen a lo se llama TWIN AGENT (agente doble) en que el Químico Seco extingue y la espuma enfría, logrando un "Knock-Out" rápido y seguro, de gran empleo en equipos de aeropuertos.

**Sus Limitaciones:**

- Dada la rapidez con que cubre, esta virtud es su principal limitación, ya que la capacidad de resistencia al calor y la reignición es reducida y a pesar que aparentemente luzca intacta, no es segura, especialmente para el desplazamiento a través de ella en labores de rescate.
- A diferencia de espumas, como las fluoroproteínicas, tiene una reducida capacidad de adherencia a las superficies metálicas calientes (paredes de estanques y otras) lo que deja áreas sin protección y propensas a la reignición.

### **ESPUMA TIPO AFFF, CONOCIDA COMO LIGHT WATER**

Este tipo de espumas tiene similares características a la AFFF. Su nombre es el que la empresa americana 3M dió a su variante de la Espuma Formadora de Película Acuosa, no siendo por ende un tipo diverso al antes analizado.

Esta espuma se encuentra también en la llamada variante LIGHT WATER ATC, que es resistente a los alcoholes y solventes polares, además de los hidrocarburos del tipo B.

Combina en adecuada forma las capacidades de la espuma formadora de película acuosa con las propias de aquellas resistente al alcohol.

### **ESPUMA SINTÉTICA RESISTENTE AL ALCOHOL**

Han sido gradualmente desplazadas por aquellas de tipo fluoroproteínico, pero en varios modelos comerciales encuentra utilización tanto en el servicio bomberil como en refinerías y otras instalaciones.

Sus características principales son:

- En hidrocarburos enfrían, sofocan, separan y suprimen, al formar película acuosa.
- En inflamables miscibles enfrían, sofocan, separan y forman membrana polimérica.

### **APLICACIÓN DE LA ESPUMA**

Como en todo combate de incendio, el desarrollo de una buena técnica de aplicación de espuma requiere mucha práctica y entrenamiento.

En vista de que hay un envejecimiento y deterioro definido de los concentrados de espuma, debe establecerse un programa para utilizar la espuma más vieja en los entrenamientos con un plan determinado para reemplazar la espuma almacenada en un período de tiempo.

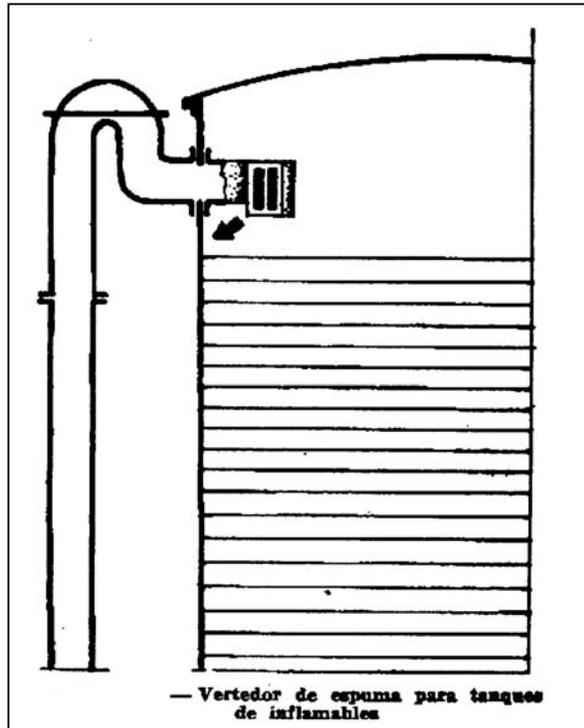
La espuma proteínica tiene una duración de sólo cinco años. Las pruebas de laboratorio sobre espumas mecánicas o proteínicas son conducidas a un índice de aplicación de 3,80 Lt./ min (1 gpm) de proporción de agua extendida a la expansión normal de 30 cms cuadrados (10 a 1 por pie cuadrado) de superficie de líquido inflamable incendiado.

Esto es un buen índice de aplicación para fines prácticos. Esto significa que un incendio de hidrocarburo corriente de 180 mts. cuadrados (660 pies cuadrados), debe ser controlado en una lanza de 227 Lt./min (60 gpm).

La tasa de aplicación de las espumas de alcohol en incendios de alcohol, es normalmente el doble de esta cantidad y algunos de los otros agentes de espuma requieren una aplicación ligeramente superior a 3,80 Lt./min (1 gpm) por 30 centímetros cuadrados (por pie cuadrado).

Cuando se combaten incendios interiores, el porcentaje de aplicación de espuma es muy importante. Con un suministro de agua limitado, muchas veces es mejor una tasa de aplicación más rápida que extender el tiempo de aplicación con una tasa menor.

El método más satisfactorio de aplicar la espuma a una superficie líquida es rebotar el chorro en una superficie sólida. Si el incendio es un derrame sobre una superficie plana,



el chorro debe ser dirigido al suelo frente al fuego, para iniciar una manta de espuma.

Mientras el chorro esté cubriendo el ancho del incendio, la lanza es levantada para empujar la manta de espuma sobre la superficie. Se debe tener cuidado de no aplicar el chorro directamente dentro de una manta de espuma existente para evitar removerla de la superficie.

El movimiento de la lanza no debe ser violento sino suave y controlado.

El chorro debe ser dirigido a un lado hasta que la espuma aparezca y luego debe girarse hacia el incendio.

Si la espuma deja de salir durante el proceso, inmediatamente el chorro debe ser removido de la manta de espuma a fin de no hacerla desaparecer.

Utilice siempre el máximo alcance del chorro y deje que la espuma haga su trabajo .

Si el incendio es un tanque o está ubicado de manera que el método anterior no pueda ser usado, el chorro debe ser dirigido contra el lado del tanque u otro obstáculo.

Este método utiliza el objeto como guardabarros, el cual permite que la espuma forme una manta para deslizarla hacia abajo y a través de la superficie.

Debe evitarse cualquier intento de revolear la espuma o dejarla caer sobre la superficie. Este método es muy ineficaz ya que la espuma debe caer a través del calor donde se romperá y bajará a la superficie en una forma muy irregular.

Normalmente, la manta de espuma debe ser formada con un espesor de aproximadamente 76 mm (3 pulgadas).

<b>CUADRO COMPARATIVO SINOPTICO DE ESPUMAS</b>	
<b>Proteínicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Buena resistencia al calor.</b></li> <li>• Flujo lento (poca rapidez de cubrimiento)</li> <li>• Drenaje lento (seguras a la reignición).</li> <li>• No tolera mezcla con combustible. (se contamina).</li> </ul>
<b>Fluoroproteínicas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• °</li> <li>• Tolera mezcla con combustibles (no se contamina)</li> </ul>
<b>AFFF (Sintéticas)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Buena resistencia al calor</b></li> <li>• Flujo rápido</li> <li>• Drenaje lento</li> <li>• Tolera mezcla con combustible (contaminación parcial)</li> <li>• Resistentes al alcohol</li> </ul>
<b>AFFF (Fluoroproteínicas)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Buena resistencia al alcohol</b></li> <li>• Flujo rápido</li> <li>• Drenaje lento</li> <li>• Tolera la mezcla (no se contamina)</li> </ul>
<b>Alta expansión (Sintéticas)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Pobre resistencia al alcohol</b></li> <li>• Flujo rápido.</li> <li>• Drenaje moderado.</li> <li>• No tolera mezcla (de fácil contaminación).</li> </ul>

## **PROPIEDADES Y PORCENTAJES**

Para obtener espumas, se requieren contar con tres elementos, AGUA, ESPUMOGENO (CONCENTRADO) y AIRE.

Los tres elementos señalados actúan en dos etapas, la primera llamada INDUCCION, que contempla la mezcla de agua y el concentrado (solución de espuma) y la segunda o de GENERACION, resultante de la introducción

Normalmente los bomberos materializan el proceso de la Inducción mediante el uso de un pre-mezclador en línea (Inductor) elemento basado en el llamado principio de Venturi, por la cual la presión interior del equipo es menor que la del aire atmosférico, permitiéndole aspirar el espumógeno o concentrado desde el respectivo bidón, por intermedio de la manguera enlace entre ambos.

Se lo define como un dispositivo que permite juntar en una proporción determinada, agua y concentrado. La mezcla es la solución de espuma.

Se recomienda una relación directa entre pre-mezclador y lanza, para obtener un resultado óptimo (dos similares rendimientos)

La etapa de Generación emplea el mismo sistema Venturi, lográndose por medio de una lanza especial, que tiene aberturas para lograr el efecto señalado. Estas lanzas comprenden básicamente las tomas de aire y una cámara (de allí su especial diseño) en que se genera la espuma. Su rol es agregar aire a la solución, resultando de ello la espuma.

Dos elementos son fundamentales en el citado análisis, la Concentración y la Expansión. El primer concepto está referido a la cantidad de espumógeno (concentrado) que debe emplearse, la expansión nos determina el volumen de aire inyectado en cada volumen del concentrado.

De acuerdo a esta idea, las espumas aparecen normalmente en porcentajes de concentrado, que varían del 1 , 3 y 6%, lo que nos indica que se integran además por 99, 97 y 94 partes de agua, respectivamente (por ejemplo, una espuma del 3% significa 97 partes de agua y 3 de espumógeno).

La determinación y empleo de un determinado porcentaje, son fundamentales en obtener como resultado una espuma de buena calidad y que cumpla su objetivo de extinción.

Si se usa mas concentrado del requerido tendremos por resultado una espuma rígida, con limitada capacidad de cobertura, a la vez que si es muy bajo, el resultado será una espuma muy liquida (como sopa) y de escasa capacidad de sellado y resistencia al fuego.

Lo anterior también resulta si el pre-mezclador y la lanza no cumplen con los necesarios requisitos de compatibilidad entre ellos, de acuerdo a lo antes señalado para un mezclador de 200 Litros por Minuto de rendimiento se requerirá una lanza similar.

## **EMPLEO**

Es norma permanente en el servicio bomberil, que no puede iniciarse el ataque de espuma para extinguir un siniestro a menos que se cuente con el equipo suficiente, la cantidad de agua adecuada y reservas de espuma mínimas para asegurar el éxito de la operación.

Un ataque prematuro e incompleto, junto con gastar preciosas reservas, no solo no lograra controlar el fuego, sino eventualmente desencadenará una reacción más peligrosa todavía (Fenómeno Boil-Over),

Se ha podido determinar que el objetivo primario de la capa de espuma que se coloca sobre el siniestro, es eliminar la radiación de calor de la zona de llamas, ubicadas cerca de la superficie y que produce vapores inflamables, única fuente de combustible de las llamas. Efectos secundarios de la capa de espuma son, como ya hemos analizado, la

restricción del suministro de oxígeno y un limitado efecto enfriador.

La única excepción a la norma precitada, en orden a no atacar a menos que se cuente, por parte de bomberos, con los elementos necesarios para asegurar el éxito de tal operación, se produce cuando el lugar siniestrado cuenta con equipos propios o reservas de espumígeno (caso de terminales de combustibles, refinerías y otros), a la vez que esté dotada de monitores, de agua y espuma, de alto rendimiento.

Ello permite lanzar un ataque inmediato, en forma de cortina de agua, sobre los sectores vecinos, para proteger los mientras se actúa sobre el foco principal con los elementos disponibles

La unidad que comience a actuar con espuma deberá ser apoyada con concentrado y agua por el resto. No deben armarse líneas paralelas con agua a menos que el volumen de lo siniestro lo aconseje y entonces solo por orden del oficial al mando de al emergencia.

### **FORMA DE APLICACIÓN**

Al describir las características de las espumas, señalábamos eran el medio de mantener el agua en la superficie del combustible, impidiendo que este se hundiera.

Igual idea debe estar presente en el bombero que emplea espuma para evitar que esta se contamine con el combustible y pierda su capacidad extintora.

Sabemos que la espuma es Auto-Estabilizadora, es decir que sola se despliega por la superficie en llama para lograr su extinción.

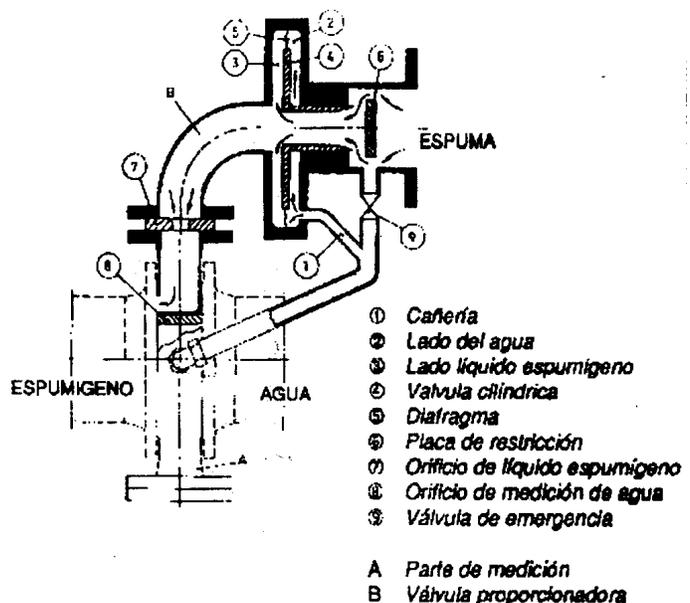
Para lograr este objetivo se requerirá una cuidadosa aplicación, de forma que ella se distribuya en forma suave y uniforme.

Deberá de preferencia ser lanzada sobre el borde delantero o posterior del fuego, si existe tras este un muro vertical, u otro obstáculo, que permita que la espuma rebote y retorne, manteniendo la lanza dirigida a él, mientras la espuma se desplaza gradualmente y extingue el siniestro.

Lo antes señalado es especialmente importante, ya que cuando el chorro cae verticalmente sobre la superficie la espuma se hunde y contamina y si bien reduce la intensidad del fuego, pierde rapidez y seguridad.

Este método solo es aconsejado en incendios de tal magnitud en que no sea factible acercarse lo suficiente para trabajar en las otras formas ya descritas, y en que por existir una gran masa de combustible ardiendo, el efecto de convección del fuego actuará sobre la velocidad de caída de la espuma.

Es obvio que la espuma será destruida con rapidez, especialmente si consideramos el volumen de superficie a cubrir, temperatura del combustible y el tipo y calidad de la espuma por lo cual el promedio de aplicación deberá ser superior al normal a la vez que el número de lanzas o monitores empleados mayor para asegurar un volumen adecuado de aplicación de espuma



## **PROCEDIMIENTOS SUGERIDOS**

Diversas experiencias han determinado varios consejos prácticos en el empleo de espumas, por parte de bomberos que resumimos aquí:

- La conveniencia de contar en la máquina con una presión no inferior a 7 Bares (100 libras).
- Tener en cuenta que se producirá una diferencia entre la presión de entrada y salida del pre-mezclador, inferior en esta última en un porcentaje que varía del 25% al 35%, en atención a corresponder ello al gasto necesario para succionar el pre-mezclador (gasto de energía).
- No debe haber más de dos tramos entre el pre-mezclador y la lanza, y nunca una distancia superior a los 30 metros.
- Si entre el pre-mezclador y máquina existe una distancia superior a tres tramos, se recomienda utilizar material de 70mm.
- Siempre es conveniente armar, paralelamente una línea con agua para refrigerar al personal que trabaja con la lanza de espuma, no para atacar el fuego.
- Los tipos de aplicación de la espuma, de conformidad a un estudio realizado por la NFPA de los Estados Unidos, a la que con antelación hicieramos referencia, son tres:

### **NFPA tipo 1:**

- Que corresponde a un procedimiento suave sobre la superficie del inflamable para evitar sumergimiento, o turbulencia en la espuma para evitar su contaminación (mezcla).
- Se logra por inyección semi-superficie.
- Sistema chute y tubo moeller.

### **NFPA tipo 2 :**

- Corresponde a una aplicación menos suave. Se logra por el empleo de :
- Sistemas fijos montados en estanques - cámaras y torres de espuma.
- Empleo de lanzas y monitores

### **NFPA tipo 3:**

- Aplicación fuerte sobre el inflamable, resultado del empleo de:
- Monitores, sprinklers, lanzas, spray y sub-superficie.

Hemos determinado, que para tener un sistema de espuma sus elementos esenciales eran:

- El abastecimiento de agua (autobomba)
- El abastecimiento de concentrado (espumógeno)
- El pre-mezclador, proporcionador o inductor (dosificador)

El sistema se diseña a partir del análisis de la emergencia que considera básicamente

### **Tipo de Inflamables:**

- Nos determina el tipo de espumas a emplear (hidrocarburos, solventes polares, etc)

### **Tipo de Riesgo:**

- Nos determina el método y razón de aplicación (derrame, estanque, dique, etc)

### Tamaño de Riesgo:

- Para determinar los volúmenes de agua y concentrado requeridos.

### Equipo

Al comenzar el presente análisis determinamos que para obtener ESPUMA requeríamos de tres elementos AGUA, CONCENTRADO Y AIRE.

El primero será proporcionado mediante el trabajo que realiza el autobomba respectivo, que alimentará una línea de material con agua presurizada hasta el PREMEZCLADOR O INDUCTOR, por medio del cual y de acuerdo al principio VENTURI, antes descripto, se aspira del bidón o recipiente correspondiente, el CONCENTRADO o ESPUMOGENO, saliendo desde el mismo solución de espuma.

Finalmente, el aire que proporciona la lanza especial, nos permitirá la generación de la espuma.

Además de los sistemas llamados "en línea", existen otros en los cuales el autobomba está dotado interiormente del sistema (sistema FEEDCOM) y la generación de mezcla se hace en el tanque agregándose solo el aire por medio de la correspondiente lanza.

Debe recordarse así mismo, que en el caso de empleo de espumas en base a concentrados del 1 %, experiencias americanas y europeas han tenido éxito al producir espuma empleando lanzas convencionales y con el sistema de alta presión.

Para una mejor comprensión y por corresponder a una vasta gama de modelos, sea de acuerdo al tipo de expansión del concentrado (baja, media y alta), o a las características de los equipos, especialmente de instalaciones fijas, de protección de estanques de combustibles e instalaciones industriales, describiremos modelos y características.

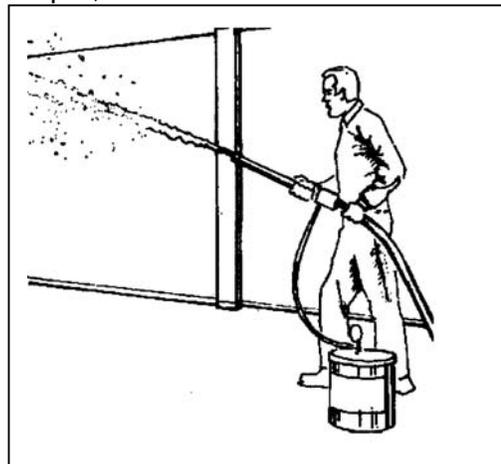
### LANZAS DE ESPUMA DE BAJA EXPANSIÓN

Generalmente tendrán rendimientos de 200 a 225 lpm, con una alimentación de espumógeno por medio de bidones, empleando normalmente espumas de tipo proteínicas con una dotación de 80 a 100 litros por máquina.

Para el uso de este equipo la máquina deberá emplearse con una presión no inferior a 7 bares (100PSI).

#### Recomendaciones de uso:

- Tratar de minimizar el impacto fuerte del chorro con espuma sobre el inflamable, para evitar su contaminación y pérdida de efecto.
- Prestar especial atención al rango de presión de operación de cada uno de los elementos, dado que la calidad de la espuma varía cuando sus límites, superior o inferior, son excedidos.
- El éxito de la aplicación de la espuma depende de la Razón de Aplicación, tal como se describiera anteriormente.



- Para una mejor comprensión, podemos usar una formula matemática que nos permitirá determinar el rendimiento adecuado:  $Q \text{ KVp}$

en que

$Q$  = Flujo de descarga calculado en gpm.

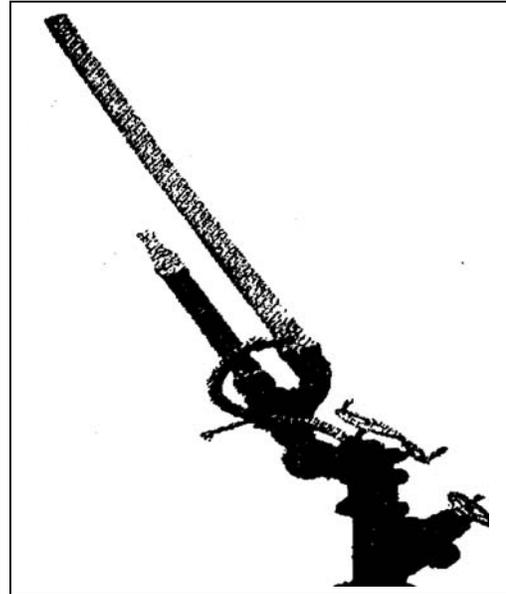
$K$  = Constante del equipo, determinada por la fábrica. Ejemplo sistema Ziegler 200 lpm o 50 gpm.

$p$  = Presión de operación.

Por tanto, el factor PRESION DE OPERACION juega un rol fundamental, ya que nos permitirá o no operar el equipo. (energía convertida en succión).

Señalamos ya que el inductor o pre-mezclador consume de un 25 a un 35% de la presión que recibe, para poder funcionar, lo que nos deja una presión disponible a la salida del mismo, que equivale del 65% al 75% de la que entró.

Una forma práctica de poder verificar si el inductor está aspirando adecuadamente al producirse en su interior el vacío óptimo, es sacar la manguera que lleva el espumógeno del bidón al inductor y colocar la mano sobre la entrada del mismo. La fuerza de succión que se sienta nos permite gracias a esta simple operación, poder determinar si la presión que tiene el inductor es la adecuada.



### LANZAS DE ESPUMA DE MEDIA EXPANSIÓN

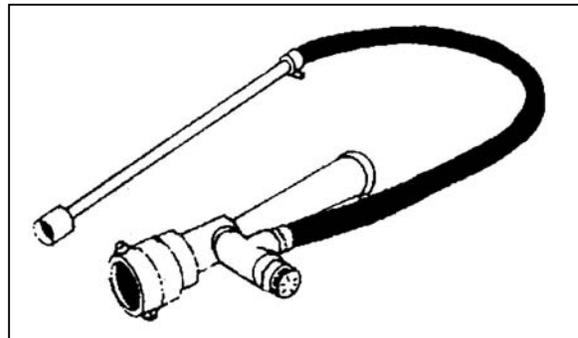
Tal como lo señalamos anteriormente, nos permiten producir expansiones que varían desde 50 a 1 hasta 500 a 1. Lo normal será 75 a 1. Dada su mayor expansión, la distancia a la cual pueden proyectar la espuma es considerablemente menor que la de una lanza de baja corriente. La distancia máxima que puede alcanzar es de 12 metros con expansión de 75 a 1, o de 3 metros con expansión de 150 a 1

Experiencias realizadas con equipos del tipo Angus SF255, con rendimiento de 225 lpm, a 7 bares de presión, y con expansión de 85 a 1, el chorro llega hasta 9,5 metros de distancia.

### MONITORES O CAÑONES DE ESPUMA

Se trata de lanzas en línea, pero de tamaño mayor, que generan espuma mecánica de baja expansión. Pueden ser portátiles o estar montados en traller e incluso, en algunos casos, llevar una reserva de espumógeno incorporada en el mismo.

Existen también lanzas de este tipo, fijas que forman parte del sistema de protección de refineries, plantas de almacenamiento de



combustibles, etc.

### **GENERADORES DE ESPUMA.**

Dentro de la línea de generadores para espuma nos encontramos en modelos para espumas de baja y alta expansión

**GENERADORES DE BAJA EXPANSIÓN:** son lanzas de espuma dotadas de un sistema auto-inductor, para proporcionarse espumógeno, que no requieren de la existencia de un pre-mezclador en la línea de mangueras. Su tamaño es similar a una lanza regular de espuma y su empleo se circunscribe a un lugar cercano a la máquina. Se trabajan regularmente a presiones de 10 bares y su rendimiento varía de 227 a 1590 lpm de espuma. Su uso tiene muchas limitaciones y están siendo gradualmente desplazados del servicio bomberil.

**GENERADORES DE ALTA EXPANSIÓN:** estos equipos, usando un concentrado sintético pueden producir espumas con rangos de expansión que varían de 500 a 1, hasta 1500 a 1.

En estos equipos, el aire es inyectado mediante un ventilador, que puede ser impulsado por un motor o usar la fuerza hidráulica a modo de turbina utilizando parte del agua que sirve para producir espuma.

Un concentrado de espuma es rociado en la corriente de aire dirigido a la superficie de una fina red. La acción de mezclar el concentrado con el aire y soplar esta mezcla a través de la superficie de la red produce una masa de burbujas de tamaño uniforme, llenas de aire. La proporción de aire en relación a la del espumógeno, determinará el promedio final de expansión de la espuma producida.



Este tipo de espuma no es susceptible de ser arrojada al fuego, como la que utilizan las lanzas de espuma antes descritas, sino que debe ser conducida al lugar del fuego mediante conductos o mangas de polietileno. En caso de siniestros en:

- Bodegas de barcos o subterráneos de inmuebles, la manga no es necesaria, bastando colocar el equipo al borde de la cavidad que se desea llenar.

### **PROPORCIONADORES DE ESPUMA**

Para una generación de espuma efectiva, el concentrado debe ser mezclado con la proporción adecuada de agua y luego aireado excepto aquellas espumas químicas y catalíticas que no requieren aireación.

Es importante que la proporción de concentrado y agua sea mantenida. Demasiado concentrado daña el producto y las espumas deficientes en concentrado son ineficaces.

## **EDUCTOR DE BOQUILLA DE ESPUMA**

Este tipo de eductor utiliza la acción del Venturi para sacar el concentrado.

Dicho eductor puede extraer concentrado hasta los 1,8 mts. (seis pies). Inmediatamente después del proporcionamiento en el Venturi, la solución para hacer espuma es aireada por la lanza.

Este eductor es apropiado para usarlo con espumas proteínicas de alcohol, las cuales necesitan ser aplicadas poco después de ser mezcladas.

El eductor de lanza de espuma es un dispositivo de aplicación en un solo sitio, debido a la dificultad de mover la lanza junto con el recipiente del concentrado.

## **EDUCTOR EN LÍNEA**

El eductor en línea utiliza la misma acción del Venturi como el eductor de lanza de espuma. Sin embargo, la solución de espuma puede ser bombeada a un lugar remoto para su aireación.

El eductor en línea puede ser conectado directamente a una lanza de espuma para formar un eductor de lanza de espuma, o puede ser puesto sobre la línea de manguera o incluso sobre la descarga de la bomba.

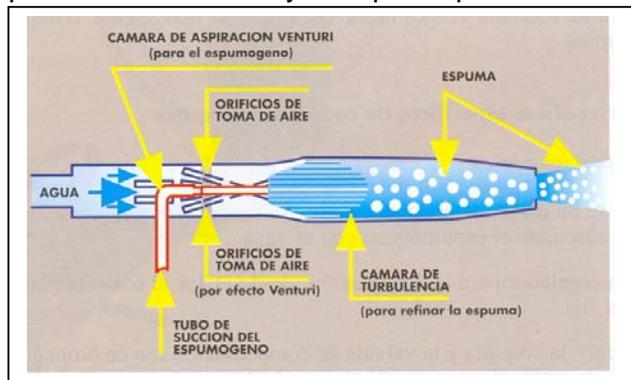
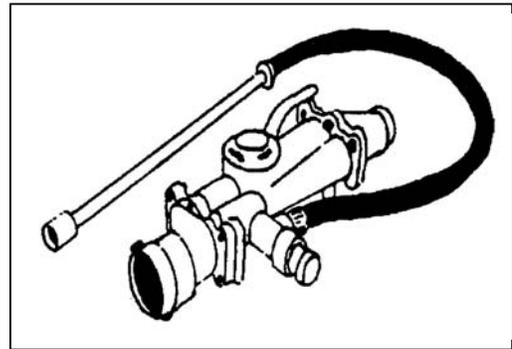
La colocación del eductor debe hacerse siguiendo las recomendaciones del fabricante, a fin de tener en cuenta la contrapresión que será desarrollada. Un eductor puede ser usado para surtir más de una línea.

Es necesario tener cuidado cuando se utilice un eductor en línea de esta manera, porque este tipo de dispositivo es usualmente diseñado para hacer fluir una cantidad determinada de agua a una presión dada.

Con múltiples lanzas, este criterio de diseño podría ser rebasado y la espuma producida sería ineficaz.

Debe tenerse cuidado de igualar los L/min (GPM) de la lanza o de las combinaciones de lanzas con el criterio de diseño del eductor.

Algunos sistemas fijos utilizan eductores en línea, pero la mayoría de los sistemas dependen de instalaciones de proporcionadores más precisos y confiables.



## **LANZAS Y GENERADORES DE ESPUMA**

Los lanzas de espuma son aparatos de aplicación de espuma. Estas lanzas pueden ser ajustadas o movidas para cambiar el patrón de aplicación de la espuma. Un tipo de lanza de espuma ha sido ya discutida y éste fue el eductor de lanza de espuma.

Esta lanza en particular es especial porque tiene el eductor hecho en la misma estructura. Otras lanzas de espuma requieren un eductor separado.

El resto de los boquillas de espuma caen dentro de tres categorías: rociadores de

espuma, boquillas aspirantes de espuma y generadores de espuma de alta expansión.

### **ROCIADORES DE ESPUMA**

Los rociadores de espuma se encuentran en los sistemas de agua y espuma y lluvia de espuma. Los rociadores de espuma se asemejan a las lanzas aspirantes en que ellos utilizan la velocidad del Venturi para mezclar el aire dentro de la solución para hacer espuma.

Sin embargo, algunos sistemas usan rociadores corrientes para hacer una espuma de baja calidad a través de la simple turbulencia de las gotitas de agua a medida que éstas se desprenden del aire.

Estos sistemas generalmente utilizan espumas AFFF. Los rociadores de espumas vienen en diseños montantes y colgantes. El deflector debe ser adaptado para satisfacer los requerimientos específicos de instalación.

### **BOQUILLAS ASPIRANTES DE ESPUMA**

Las boquillas de espuma se presentan en dos grandes categorías: la boquilla de neblina de espuma y la boquilla de neblina de patrón variable.

Estas boquillas son empleadas en los sistemas fijos para la aplicación manual de la espuma en asociación con la aplicación del sistema.

Elas proporcionan al sistema la versatilidad adicional de utilizar boquillas portátiles. La boquilla de neblina de espuma se vende con dos adaptadores de espuma para moldear el chorro.

La boquilla básica divide la solución para hacer espuma en pequeños chorros y además introduce aire por medio de una acción de Venturi. Los accesorios sirven para darle a la aplicación de la espuma cualidades diferentes que las de la boquilla corriente

El accesorio cónico proporciona un alcance suplementario a la boquilla y la criba produce un alto contenido de aire más homogéneo para aplicaciones suaves.

La boquilla de neblina de agua, cuando se usa con solución de espuma, produce una espuma de baja calidad y poca duración.

Esta boquilla divide la solución de espuma en diminutas gotitas y utiliza la agitación de las gotitas de agua que se mueven por el aire para lograr la acción espumosa.

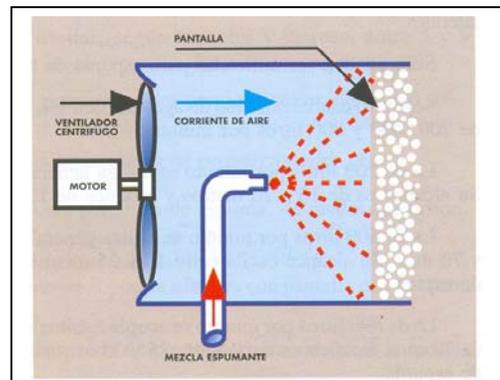
Su mejor aplicación es cuando se acopla con la AFFF, la cual, debido a sus características de formación le película, no requiere una espuma de alta calidad para ser eficaz.

Las boquillas de neblina de agua han encontrado gran aceptación a causa de la capacidad para ser utilizadas como boquillas normales de combate de incendio y boquillas de espuma.

### **ASPIRADORES DE ALTA CONTRAPRESIÓN**

El aspirador de alta contrapresión o aspirador impelente de espuma, es un aspirador en línea utilizado en situaciones que requieren que la espuma sea descargada a presión. Estos aparatos son más apropiados para inyecciones debajo de la superficie, pero se usan en asociación con muchos sistemas de tubería fija.

Los aspiradores de alta contrapresión operan por



medio de la acción del Venturi. Esta acción produce típicamente una espuma homogénea y estable pero de bajo contenido de aire.

### **GENERADORES DE ESPUMA DE ALTA EXPANSIÓN.**

Los generadores de espuma de alta expansión producen una espuma estable y de alto contenido de aire.

El contenido de aire varía desde 10 partes de aire a una parte de solución de espuma (100x) hasta 1.000 partes de aire para una parte de solución de espuma (1.000x).

Hay dos tipos básicos de generadores de espuma de alta expansión: el ventilador mecánico y el aspirador de agua.

Este último es muy similar a las otras lanzas productoras de espuma excepto que es mucho más grande y largo.

La parte posterior de la lanza se abre para permitir el flujo de aire. La solución de espuma se bombea a través de la lanza en un rocío fino, el cual se mezcla con el aire para formar una espuma de expansión moderada.

La punta de la lanza tiene una criba o serie de cribas, las cuales dividen la espuma y además la mezclan con aire.

Estas lanzas producen típicamente una espuma de inferior volumen de aire que la producida por los generadores con ventiladores mecánicos.

Los generadores con ventiladores mecánicos, se asemejan a los extractores de humo en la apariencia.

Operan con el mismo principio que la lanza aspirante de agua excepto que el aire es forzado a través del pulverizador de espuma en vez de ser sacado por el movimiento del agua.

Estos aparatos producen una espuma de mayor contenido de aire y son típicamente asociados con las aplicaciones de inundación total.

### **LOS POLVOS QUÍMICOS SECOS COMO ELEMENTOS EXTINTORES.**

Es muy difícil encontrar productos químicos eficientes para apagar incendios que no sean tóxicos, debido a la similitud del proceso de ardimiento del combustible y el proceso de sustentación de la vida humana por el uso del oxígeno, resultando que la mayoría de los productos químicos extintores que paran la combustión, también son dañinos para la vida en cierto grado.

Los polvos químicos secos son materiales que contradicen estos principios.

- 1º. No son nocivos para el ser humano.
- 2º. Son agentes extintores de los más poderosos y efectivos para todo tipo de fuego.

Hay tres clases principales de agentes extintores a base de polvos químicos secos, a saber:

- 1º. Bicarbonato de Sodio común.

Para Fuegos A y C



2º. Bicarbonato de Potasio común.

Para Fuegos B y C

3º. Fosfato de Amonio. Triclase.

Para Fuegos A, B y C.

Los polvos químicos secos esencialmente son polvos de libre fluidez que consisten en cristales secos de partículas muy pequeñas y tratados con ciertos materiales (base aluminio) que los hacen resistentes a la humedad y el apelmazamiento.

Los materiales agregados también le confieren propiedades deslizantes a cada partícula del polvo, de manera que los cristales fluyen a través de cañerías y recipientes en forma similar a como lo hace el agua.

Los polvos químicos secos tienen su mejor utilidad en la extinción de incendios en líquidos inflamables, gas combustible y gases licuados de productos de petróleo.

Es evidente su acción en el rápido sofocamiento, control del desarrollo y extinción de la llama.

Dado que son buenos extintores de todo tipo de fuegos, pueden ser usados sobre llamas superficiales de todos los combustibles.

El polvo químico seco a base de Fosfato Amonio, es especialmente útil para incendios sobre la superficie de combustible de clase A.

Debido a que los polvos químicos secos básicamente son agentes extintores de la llama cuando están en funciones, no evitan la reignición, a menos que hayan obtenido la supresión completa de toda fuente de reignición por virtual cubrimiento casi simultáneo de toda la superficie en llamas.

Esto no es difícil de lograr, ya que el polvo se reparte en grandes nubes distribuyéndose sobre grandes áreas en forma rápida.

En el caso del polvo químico seco triclase (Fosfato de Amonio) cuando se usa sobre combustibles de clase A, se forma sobre estos una costra de Pentóxido de Fósforo, la cual tiene por misión impedir el acceso de aire al fuego, extinguiéndolo de esta manera.

Respecto a los polvos químicos con base Bicarbonato de Sodio o Bicarbonato de Potasio, estos últimos, si bien son más caros tienen la propiedad de ser más eficaces debido a que por la conformación del átomo de potasio más grande y por lo tanto de mayor superficie que el de sodio, se ioniza a menor temperatura y por ello captura más pronto los radicales libres de la combustión en cadena.

Referente a los polvos químicos secos compatibles con espuma, actuando en forma casi simultánea con la descarga de espuma, activan muy rápidamente y eficientemente la extinción de grandes áreas, de derrames de líquidos inflamables tales como la nafta.

El manto de espuma estabiliza la rápida extinción del incendio por el polvo. Estos métodos de extinción, son de suma importancia en incendios de aviones, para el salvamento de vidas humanas.

Los polvos químicos a base de Sodio o Potasio, utilizan estearatos metálicos (en especial estearato de aluminio) para dar estabilidad resistente a la humedad y a la fluidez del polvo, pero estos estearatos destruyen las burbujas de la espuma, por lo cual no son compatibles con las mismas.

Por otra parte, los polvos químicos secos compatibles con espumas ( a base de Sodio o Potasio) en lugar de los estearatos metálicos, usan compuestos a base de siliconas y otros materiales los cuales no tienen efectos sobre la espuma y por lo tanto pueden ser usados con las mismas.

Los polvos químicos secos son acondicionados con un agente del tipo hidrófugo como impulsor, que impide el apelmazamiento del mismo por la humedad ambiental.

El lanzamiento del polvo fuera del aparato extintor se realiza a través de pistolas, boquillas o tuberías y la expulsión se realiza por medio de un gas auxiliar bajo presión

que puede ser: Nitrógeno, aire seco o Dióxido de Carbono.

### **POLVOS ESPECIALES**

Se distinguen del resto de los polvos por tener como característica básica la extinción del fuego de metales. La materia base de estos polvos, la forman una sal adecuada al tipo específico del metal a extinguir y a la cual se le adiciona determinados compuestos que dan a estos polvos extintores características de buena conservación y fluidez.

### **TOXICIDAD QUÍMICA**

Los polvos químicos NO son tóxicos. Los productos resultantes de su descomposición por el calor no representan para el organismo ningún tipo de peligro por inhalación o irritación cutánea. Los polvos químicos secos son muy corrosivos para las superficies metálicas de los recipientes que los contienen.



### **EL DIÓXIDO DE CARBONO COMO AGENTE EXTINTOR**

El dióxido de carbono o anhídrido carbónico o bióxido de carbono, cuya fórmula química es  $\text{CO}_2$  se encuentra normalmente como gas incoloro, inodoro e insípido. También se lo encuentra en estado sólido y conocido como hielo seco, o también como nieve seca cuando tiene formas de flecos.

A temperaturas normales, el  $\text{CO}_2$  posee una densidad 50 % mayor que el aire, por lo que siempre al salir del recipiente se dirige al suelo. En general se almacena en tubos de acero ( $250 \text{ kg/cm}^2$ ) en estado líquido a una presión de  $80 \text{ kg/cm}^2$ .

Cuando desde el recipiente extinguidor, por medio de una válvula y tobera se lo expulsa hacia afuera, se expande y produce la llamada nieve carbónica a una temperatura aproximada de  $-78^\circ \text{C}$ .

La acción extintora del  $\text{CO}_2$  depende de su capacidad para desplazar y diluir el contenido del oxígeno en el aire, matando o sofocando el fuego. También se lo conoce como cubrimiento o ahogamiento.

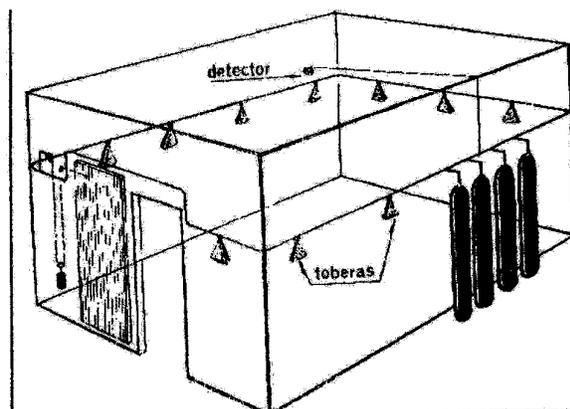
Es fácilmente comprensible que el exitoso envolvimiento de un incendio por una nube de  $\text{CO}_2$  que excluya el aire depende en gran medida de las condiciones de combustión.

Cuando se descarga  $\text{CO}_2$  desde un recipiente (extinguidor), en la nube de descarga se forma cierta cantidad de nieve. Esta nieve se torna gas y causa algún enfriamiento por absorción de calor, en forma similar a como el agua se torna a vapor.

La acción refrigerante contribuye en pequeño grado a la acción extintora. Una atmósfera conteniendo del 20 al 25 % de  $\text{CO}_2$  no es apta para la combustión por lo que cuando en un recinto o local se llega a esta proporción no podrá existir el fuego ni se podrá respirar en este ambiente.

### **PROPIEDADES DEL $\text{CO}_2$**

La eficacia del  $\text{CO}_2$  como agente extintor se extiende a un gran número de



propiedades. Las principales propiedades del CO<sub>2</sub> son:

- 1º. No es conductor de la electricidad.
- 2º. No es tóxico.
- 3º. No es corrosivo.
- 4º. No deja residuos.
- 5º. Actúa en fase gaseosa.
- 6º. Es de bajo costo.
- 7º. Se comprime fácilmente.
- 8º. No daña los materiales.

Todas estas propiedades lo hacen ideal para ser usados sobre maquinarias y equipos delicados, eléctricos o electrónicos.

La mayor aplicación del CO<sub>2</sub> en fuegos eléctricos (Clase C ) y en forma menor sobre fuegos Clase B.

Comparando con los polvos secos químicos, no es muy eficiente, ya que necesita más cantidad de CO<sub>2</sub> que de los otros productos para extinguir fuegos de la misma envergadura

No es efectivo en fuegos de Clase A, pero en lugares cerrados ya vimos que se pueden producir atmósferas inertes, lo cual lo tornaría efectivo.

Ya hemos dicho que no es venenoso ni tóxico en el sentido normal de la palabra, pero en concentraciones altas del 9% o más causa sofocación. Las descargas de extintores portátiles raramente alcanzan tales concentraciones, exceptuando áreas muy cerradas.

El peligro mayor para la vida es la gran cantidad de CO<sub>2</sub> generado por sistemas de gran capacidad que son usados para el control de incendios en habitaciones, sótanos y todo tipo de local cerrado.

El mismo peligro de alta concentración se encuentra en los barcos con el mencionado sistema de protección contra incendios.

### **LIMITACIONES DEL CO<sub>2</sub>**

#### **Fuegos Clase A.**

Es efectivo aunque hay que utilizar posteriormente agua para terminar de sofocar el fuego por enfriamiento.

#### **Fuegos Clase B.**

En petróleo, aceites, pinturas, naftas, etc. es eficiente, siempre que estos fuegos sean de poca magnitud y que en ellos no estén presentes vientos o corrientes de aire lo suficientemente fuertes para dispersar el CO<sub>2</sub>.

#### **Fuegos Clase C.**

En fuegos donde esté presente la tensión eléctrica, el CO<sub>2</sub> se comporta con eficacia ya que no es conductor de la misma. En estos casos y luego de cortado el fluido eléctrico, tendrá las limitaciones propias de los fuegos de Clase A.

#### **Fuegos de Gases.**

En fuegos de gases comprimidos combustibles, el CO<sub>2</sub> presenta una relativa eficacia ya que muchas veces la presión del combustible produce el arrastre del agente extintor.

En general y cuando se debe evaluar la posibilidad de desplazarse de un lugar a otro, los equipos portátiles de CO<sub>2</sub> tienen el problema de su gran peso muerto, o sea el peso total del equipo por su capacidad de extinción ya que a partir de equipos de 5 a 7 Kg. es necesario transportarlos sobre ruedas.

## LOS LÍQUIDOS VAPORIZANTES COMO ELEMENTOS

### EXTINTORES DE INCENDIOS

Los agentes extintores líquidos vaporizantes, son una serie de compuestos químicos muy efectivos para la extinción de ciertos tipos de fuegos. Contienen átomos de halógenos. ya sea cloro, bromo, flúor, yodo o combinaciones de estos elementos

Los líquidos vaporizantes son bombeados o expelidos sobre el fuego, donde el calor los hace hervir o vaporizar rápidamente.

Al transformarse en vapores se descomponen en otros compuestos químicos que tienen gran habilidad y capacidad para inhibir e impedir el ardimiento de los vapores combustibles.

Estos agentes son adecuados para fuegos de Clase S y C. No son conductores de la electricidad, pero no son muy efectivos para fuegos de clase A.

La naturaleza tóxica o venenosa de los líquidos vaporizantes, significa que debe ser manipulados y usados con cuidado.

Algunos de ellos, como el Tetracloruro de Carbono son tóxicos en su estado normal y peligrosos mientras se manipulean y/o respiran durante su recarga, etc.

Todos descomponen en presencia de calor y llama, en otros gases aún más tóxicos.

Por lo tanto si tales agentes extintores son usados en interiores, debe procederse a ventilar los espacios.

Los bomberos deben evitar respirar sus humos y vapores liberados por el fuego. Los compuestos químicos de los líquidos

vaporizantes varían ampliamente en densidad y presión de vapores.

Algunos son gases bajo condiciones normales de manera que deben ser licuados bajo presión para su almacenaje y uso. otros son líquidos a temperaturas ambiente.

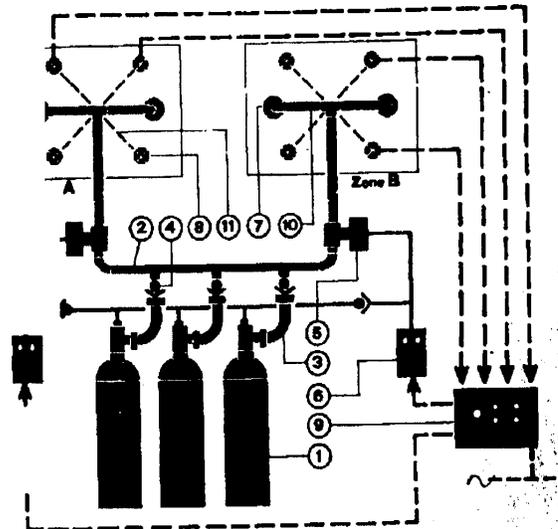
Muchos extintores son reemplazados por halógenos, por ejemplo el Tetracloruro de Carbono  $C Cl_4$ . Tetrafluoruro de Carbono  $C F_4$ . La presencia de flúor en un compuesto aumenta su inerticidad.

De los muchos compuestos fluorinados, solo algunos se usan como agentes extintores, por ejemplo el Bromo Trifluoro Metano ( $C Br F_3$ ), el Dibromo Difluoro Metano ( $C Br_2 F_2$ ), el Bromo Cloro Difluoro Metano ( $C Br Cl F_2$ ) y el Dibromo Tetrafluoro Metano ( $C_2 B_2 F_4$ )

Los hidrocarburos fluorinados tienen la propiedad de no ser inflamables, ni corrosivos y de ser de baja toxicidad.

Estos hidrocarburos halogenados (Halones) comercialmente son conocidos como Freones (Freón es una marca registrada por Dupont) y son usados también en la industria como refrigerantes, solventes y propelentes en aerosoles.

Algunos de ellos, como se explica más arriba, son excelentes agentes extintores de incendio, en la industria hay en uso unos 40 tipos de freones diferentes.



## LOS EXTINTORES HALOGENADOS

Comprenden aquel grupo de agentes extintores que como producto, utilizan hidrocarburos de bajo número de carbono molecular y en los que el hidrogeno ha sido sustituido por distintos halógenos.

Debido al alto punto de volatilización, estos productos químicos especiales, permiten actuar sobre el fuego a distancia. El proceso químico de extinción se caracteriza por el bloqueo de radicales libres interrumpiendo la propagación del fuego y cortando la combustión.

Sus condiciones mas características son:

- 1° - Alta potencia extintora.
- 2° - Rapidez de extinción.
- 3° - Toxicidad débil.
- 4° - No son conductores de la electricidad.
- 5° - No son corrosivos.
- 6° - No dejan residuos.

Respecto a los sistemas extintores comunes poseen las siguientes ventajas:

- 1° - Menores volúmenes del producto extintor.
- 2° - Menor tiempo de extinción, con la consiguiente disminución de riesgo.
- 3° - Empleo de equipos y material más ligero.
- 4° - Mínimos daños tras el incendio.

El Tetracloruro de Carbono fue el primero de los agentes extintores halogenados. Presentaba hace cuarenta años una eficacia por entonces aceptable, pero la desmerecía su toxicidad, tanto en estado natural como posterior a su aplicación, por los productos de descomposición.

El Bromuro de Metilo, con menor grado de toxicidad poseía, además, características inflamables en condiciones especiales, al mantener en su estructura tres átomos de hidrógeno. Posteriormente, al finalizar la Segunda Guerra Mundial, la ingeniería militar comienza una investigación sobre extinción de incendios y experimenta con compuestos halogenados. Se trataba de desarrollar sobre la base de los haluros, elementos que con excelentes acción extintora, no les hicieran desechables su grado de toxicidad.

De esta manera y entre todos los ensayos se adopta el Bromo Trifluoro Metano  $CBrF_3$ . De otro estudio de la Fuerza Aérea de EE. UU., en 1954, aparece el Bromo Cloro Difluoro Metano ( $CBrClF_2$ ) que pasa rápidamente a ser usado en extinguidores portátiles y así hasta la actualidad.

En general las principales aplicaciones de los halógenos se extienden a un gran campo de acción, entre ellos:

- Plantas petrolíferas.
- Industrias químicas.
- Industrias petroquímicos.
- Industrias eléctricas y electrónicas.
- Industrias aeronáuticas.
- Industria Naval.
- Industria y navegación espacial.

Los halones también se aplican en protección de cohetes y misiles de propulsión que utilizan comburentes líquidos.

La numeración con que se conocen los hidrocarburos halogenados indican el número de átomos de Carbono - Flúor - Cloro - Bromo o Yodo que forman parte de la composición.

Ejemplo: Hay agentes extintores especiales que están disponibles para el control de incendios de cada tipo de metal y son marcados especialmente para aquel metal combustible.

HALON 1211 = Bromo Cloro Difluoro Metano.

Fórmula = C Br Cl F<sub>2</sub> = 1C 2F 1Cl 1Br.

### **TABLA DE PRINCIPALES COMPUESTOS HALOGENADOS y SU NUMERACION.**

Nombre Químico	Fórmula	Nº de Halon	Estado
Tetracloruro de Carbono	C Cl <sub>4</sub>	104	Líquido
Bromuro de Metilo	C H 3Br	1001	Líquido
Bromo Cloro Metano	C H 2Cl Br	1011	Líquido
Dibromo Difluoro Metano	C Br <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	1202	Líquido
Bromo Cloro Difluor Metano	C Br Cl F <sub>2</sub>	1211	Gas Licuado
Bromo Trifluor Metano	C Br F <sub>3</sub>	1301	Gas Licuado
Dibromo Tetrafluoruro Metano	2C 2Br F <sub>4</sub>	2402	Líquido
Yoduro de Metilo	C H 3I	10001	Líquido

### **TOXICIDAD DEL HALON**

Los compuestos halogenados presentan por su composición una predisposición a la toxicidad.

Estudios médicos sobre halones dictaminaron que el 1301 como el 1211 pueden causar deficiencias por actividad anormal, cuando se combinan con la adrenalina de la sangre, esta anomalía se produce en atmósferas en que los hidrocarburos halogenados están presentes en elevados porcentajes.

Es admisible por inhalación normal y hasta un minuto sin peligro de vida los siguientes porcentajes:

1301 -----> al 10 %.

2402 -----> al 7 %.

1211 -----> al 4%.

### **DISTINTAS TÁCTICAS PARA LOS SERVICIOS**

**Jefe de dotación:** Toma de decisiones sobre el despliegue táctico mientras asiste y supervisa a cada uno de los integrantes.

**Chofer motorista:** Transporta la dotación, los equipos, y el vehículo en forma segura a la escena del incendio, y opera las bombas. Puede hacer las conexiones de suministro a vehículos, hidrantes o depósitos de agua.

**Bomberos:** (Las asignaciones individuales dependerán del número de bomberos disponibles). Despliegan las líneas de mangueras seleccionadas y operan las boquillas: en la dirección del fuego, colaboran en el avance de las líneas de manguera y el traslado de herramientas, efectúan las conexiones de las líneas de suministro a los hidrantes si, esto forma parte de la operación y colaboran con el operador u otros miembros del equipo, según sea necesario.

La familiarización con el uso y limitaciones de los equipos que llevan los vehículos se aprende mejor con el estudio y ejercicios de práctica.

El uso rápido y eficiente de las herramientas alcanza su grado máximo cuando los integrantes que frecuentemente trabajan en el mismo equipo se entrenan juntos la necesidad de procedimientos seguros y el uso de trajes de protección nunca será exagerado.

Los cascos, guantes, vestimenta, botas y equipos de respiración, además de proteger al

bombero, también le permiten usar las mangueras desde una posición más cercana. De igual forma, los bomberos deben trabajar por parejas cuando operan líneas de ataque y durante las operaciones de búsqueda y salvamento.

Los bomberos que trabajan solos pueden extralimitarse o ser incapaces de ayudarse a sí mismo cuando queden atrapados.

## **INCENDIOS EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA Y VEHÍCULOS DE PASAJEROS**

Las técnicas de extinción de incendios en vehículos que transportan combustibles inflamables son similares en muchos aspectos a los incendios de depósitos.

Las principales diferencias son:

- Mayor riesgo para los bomberos, debido al tránsito.
- Mayor riesgo para los transeúntes y otros motoristas
- Suministro de agua reducido
- Dificultad en determinar el producto involucrado
- Dificultad en controlar los derrames
- Tanques y tuberías afectados o dañados por la fuerza de la colisión.
- Inestabilidad de los vehículos.

Aun cuando aquellos accidentes muy graves pueden generar un alto en la circulación de vehículos, muchos incidentes necesariamente serán manejados con cierto tránsito de vehículos alrededor del sitio, circulando casi a la velocidad normal.

Se debe cerrar un canal de circulación adicional al que el propio accidente inhabilitó y usarlo para las operaciones de emergencias, debe evitar el uso de equipos de llama abierta para minimizar la posible ignición del combustible derramado.

Los equipos contra incendios deben ser ubicados de manera tal que se aprovechen las condiciones topográficas, climáticas y se proteja a los bomberos del tránsito.

Los bomberos deben evacuar sus vehículos y trabajar aliado opuesto del tránsito tanto como sea posible.

Los bomberos deben evitar trabajar donde el vehículo pudiera lesionarlos, en la eventualidad de que fuera chocado por otro vehículo.

En lugares donde el tránsito pasa muy cerca, deben tener cuidado para que las herramientas no entren al canal donde circulan los vehículos ya que pudieran ser golpeados.

Cuando no se disponga de agentes del orden público, debe asignarse un bombero, para

que controle el tránsito de vehículos.

Las técnicas de aproximación y control de derrames en incendios en donde se encuentran vehículos involucrados, son las mismas utilizadas para los recipientes de almacenamiento.

Además de esto, los bomberos deben estar atentos si fallan los neumáticos del vehículo, lo cual puede hacer que la carga inflamable se mueva repentinamente.

Los integrantes deben conocer la situación de su suministro de agua para no exceder las limitaciones de este abastecimiento.

Como es el caso en el ataque de incendios estructurales, puede ser necesario proteger a las víctimas atrapadas con líneas de mangueras hasta que puedan ser rescatadas.

Se debe determinar tan pronto como sea posible, la naturaleza de la carga mediante la factura de despacho, manifiesto de carga, placas identificadoras o por medio del conductor del vehículo.

Desafortunadamente habrá casos donde esto no podrá ser establecido, ya que las placas identificadoras podrían estar equivocadas o deterioradas y el conductor no sea capaz de identificar el cargamento.

En estos casos, debe establecerse contacto con el transportista o fabricante responsable del vehículo. Debe seguirse los planes establecidos para emergencias del transporte, para reducir las pérdidas de vidas daños a propiedades y contaminación ambiental.

Los vehículos de pasajeros del tipo particular presentan un problema de extinción menor, debido a la reducida cantidad de combustible que llevan. La fuga de combustible o el combustible en llamas puede ser lavado y desplazado de la parte de abajo del vehículo para luego atacarse el remanente del fuego Clase A.

Los bomberos deben evitar pararse al frente de los parachoques del tipo amortiguado, que vienen en los nuevos vehículos ya que éstos pueden explotar.

Será necesario utilizar grandes cantidades de agua en incendios donde se han prendido en llamas los componentes del vehículo, con aleaciones de aluminio o magnesio.

Los bomberos deben tomar precauciones adicionales cuando se comienza a aplicar agua a estas partes en llamas, debido a que se incrementará la intensidad del fuego.

Así mismo no deben asumir que los automóviles y pequeños autobuses privados están totalmente libres de grandes peligros tales como recipientes adicionales de combustible, tanques de propano, explosivos o materiales peligrosos.

Los autobuses son usados frecuentemente para transportar pequeñas cantidades de materiales radiactivos para uso en hospitales. También pueden presentarse grandes pérdidas monetarias por incendio en vehículos de transporte de encomienda o correos. Igualmente se debe ver cualquier vehículo militar como un peligroso.

### **EXTINCION DE INCENDIOS CLASE "C"**

Incendios en equipos eléctricos ocurren muy frecuentemente, pero una vez desenergizados pueden ser manejados con relativa facilidad.

El peligro principal en fugas eléctricas es la falla en reconocer el riesgo por parte del personal que atiende la emergencia.

Es responsabilidad del jefe de grupo que los interruptores de la fuente principal de energía estén abiertos para controlar el flujo de electricidad en la estructura.

De igual forma, debe asignarse un bombero para controlar las fuentes de poder.

Una vez que la fuente de energías ha sido cerrada, estos incendios deben apagarse por sí solos, o si continúan ardiendo pasarán a ser incendios bien sea clase "A" o clase "B".

Generalmente, será preferible usar extinguidores de bióxido de carbono en vista de que no requieren de limpieza posterior a su uso y son más económicos en comparación con los agentes halogenados.

Sin embargo, algunos microprocesadores electrónicos pueden resultar dañados por el enfriamiento temporal provocado por los residuos "nevados" del bióxido de carbono.

Los agentes químicos de uso múltiples representan un considerable problema de limpieza además de ser químicamente activos con algunos componentes eléctricos.

El uso de agua en equipos energizados no es recomendable a menos que sea absolutamente necesario; debido al peligro inherente de ser electrocutado

Si debe aplicarse agua, debe hacerse con chorros de neblina y a gran distancia. Cuando el incendio ocurre como consecuencia de la rotura de líneas de alta tensión, debe desalojarse un área igual a la distancia entre los postes a cada lado del punto de rotura.

Los incendios en transformadores pueden presentar serios riesgos a la salud y al ambiente por el líquido refrigerante que lleva P.C.B. (Policronado-bifenol).

Estos líquidos son inflamables debido a su base de aceite y son extremadamente cancerígenos (productores de cáncer). Los transformadores a nivel del piso deben ser extinguidos cuidadosamente con un extintor de polvo químico seco. Los transformadores ubicados en niveles altos deben dejarse arder hasta que un personal calificado pueda extinguirlos con polvo químico seco desde un dispositivo de elevación de potencia.

El apoyar una escalera del poste coloca al personal en situación de riesgo, tanto de la fuente de energía Como del líquido. La aplicación de chorros de agua a estos incendios ocasionará el esparcimiento de esta sustancias en el suelo. En estos accidentes la consulta y cooperación con el personal de la compañía de electricidad es vital para reducir los riesgos hacia las personas y propiedades.

Se pueden encontrar otros riesgos eléctricos poco usuales en: locomotoras de ferrocarriles, estaciones de centrales telefónicas y subestaciones eléctricas.

Los procedimientos para combatir incendios en estas situaciones particulares deben establecerse en el planeamiento previo.

### **EXTINCION DE INCENDIOS CLASE "D"**

Los metales combustibles presentan el doble problema de temperaturas de combustión extremadamente altas y su reacción ante la presencia del agua.

El agua es efectiva únicamente cuando puede ser aplicada en cantidades suficientemente grandes como para enfriar el metal por debajo de su temperatura de ignición. El método usual de control es el de proteger las áreas expuestas y permitir que el metal se consuma.

Hay agentes extintores especiales que pueden ser lanzados con palas en forma manual en cantidades suficientemente grandes como para cubrir completamente el metal en, combustión.

El dirigir un chorro de agua a metales en combustión puede ocasionar la descomposición violenta del agua y el consecuente desprendimiento de hidrógeno inflamable. Las partículas y el polvo del metal son más reactivos al agua que las barras de mayor tamaño o los productos acabados. Estos incendios pueden reconocerse por la luz blanca y brillante que se presenta, hasta que una capa de ceniza cubra el material en combustión.

Los bomberos no deben asumir que estos fuegos se han extinguido porque no existan llamas visibles.

### **CONTROL DE LA ENERGIA ELECTRICA**

Los bomberos deben estar en condiciones de controlar el flujo de corriente eléctrica a las estructuras donde se están llevando a cabo las operaciones de emergencia.

A fin de evitar las posibles lesiones personales y el probable daño a los equipos eléctricos, los bomberos deben estar familiarizados con la transmisión de la energía eléctrica y los peligros asociados. Mientras que a los equipos de alto voltaje se les asocia con fuertes descargas, la corriente residencial convencional es lo suficientemente potente como para producir una descarga fatal. Además de reducir el

riesgo de lesiones o descarga fatal, el control del flujo de corriente eléctrica reduce el peligro de fuente de ignición de combustible o encendido accidental de equipos eléctricos.

Las consecuencias de las descargas eléctricas incluyen entre otros, los siguientes trastornos:

- Paro cardiaco
- Fibrilación ventricular
- Paro respiratorio
- Contracciones musculares involuntarias
- Parálisis
- Quemaduras superficiales o internas
- Lesiones en los ojos por el arco ultravioleta

Los factores que determinan la gravedad de las descargas eléctricas son:

- Trayectoria de la corriente eléctrica en el cuerpo  
Grado de resistencia de la piel-húmeda (baja) o seca (alta)
- Duración de la descarga
- Amperaje de la corriente eléctrica
- Voltaje de la corriente eléctrica
- Frecuencia C.A. o C.C

## **INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD**

### **SERVICIOS RESIDENCIALES**

Las residencias se sirven comúnmente con una línea que va desde un poste hasta la estructura que recibe el nombre de acometida eléctrica.

El método más fácil de desenergizar la estructura es cortando la corriente mediante el interruptor ubicado en la parte posterior de la caja de medidor.

La palanca de control puede asegurarse en su sitio con un candado o sello de alambre.

Pueden surgir problemas cuando más de una acometida eléctrica entre en la misma estructura y/o existan líneas rotas que entran en contacto con cables de televisión y/o teléfono, o con partes metálicas de un edificio.

### **CORTAR CABLES ENERGIZADOS**

Para máxima seguridad en el área del incendio, los cables energizados no deben ser cortados excepto por personal experimentado de la compañía de electricidad y utilizando el equipo adecuado.

Cuando los planes determinen que el personal de la compañía de electricidad pudiera necesitar la asistencia del cuerpo de bomberos. se debe suministrar un entrenamiento adecuado al personal participante.

### **LINEAS SUBTERRANEAS**

Los sistemas de transmisión subterráneos consisten en conductos de cables y tanquillas bajo la superficie.

El peligro más frecuente que presentan estos sistemas es la explosión que puede lanzar la cubierta de la tanquilla a gran distancia.

Esto es un peligro tanto para el público en general como para los bomberos.

La causa de este hecho es la acumulación de gases que se encienden por una chispa

producida por un fusible quemado o el arco producido por un cortocircuito.

Si se sospecha esta situación, mantenga al público alejado del área y asegúrese de que los vehículos no estén estacionados sobre la tapa de una tanquilla.

No entre a una tanquilla excepto para intentar efectuar un rescate, en vista de que el combate de incendio puede efectuarse desde afuera.

Simplemente descargue bióxido de carbono o polvo químico seco en la tanquilla y coloque nuevamente la tapa.

Coloque una cobija húmeda o cubierta de protección sobre la tanquilla a fin de impedir la entrada de oxígeno, para contribuir a la extinción del incendio.

No es recomendable usar el agua para las labores de extinción, debido a la cercanía de equipos eléctricos.

El agua derramada también puede crear lodazales que pueden convertirse en peligrosos conductores de electricidad.

Cuando las circunstancias determinan que un bombero debe entrar a una tanquilla, debe hacerse únicamente con equipo de protección respiratoria autónomo de presión positiva y equipos de protección personal completo.

Bajo ninguna circunstancia debe utilizarse una máscara del tipo filtro incorporado.

Cualquier equipo o herramienta debe ser del tipo que no produzca chispa, porque la menor chispa puede incendiar la mezcla explosiva.

### **INSTALACIONES DE ALTO VOLTAJE**

Muchas industrias, edificios grandes y complejos residenciales tienen equipos eléctricos que utilizan más de 600 voltios.

Bajo esta condición, lógico será ubicar un letrero de "Alto Voltaje" en las puertas entre las casetas resistentes al fuego que alojan los equipos de alto voltaje como los transformadores o motores eléctricos grandes

Algunos transformadores usan aceites inflamables como refrigerantes que constituyen un peligro en sí mismo.

No debe utilizarse agua en esta situación, ni siquiera en forma de neblina, porque el peligro de una descarga es aún mayor y pueden ocurrir daños externos a equipos eléctricos no involucrados en el incendio, debido a los productos químicos tóxicos utilizados en los aislantes plásticos y refrigerantes, el humo constituye un peligro.

Entre únicamente cuando lo exijan las operaciones, de rescate, usando equipos de protección respiratoria autónomo de presión positiva y una línea de seguridad controlada por alguna persona desde parte exterior del espacio confinado.

Cuando es buscando, hágalo con guantes dieléctricos para evitar las acciones reflejas de agarrar equipos energizados con los cuales se pueda entrar en contacto.

### **CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Desde el punto de vista de seguridad, la energía eléctrica debe permanecer encendida tan como sea posible para proporcionar iluminación ventilación u operación de bombas especiales

Cuando la edificación se daña hasta el punto que interrumpe la corriente y existe peligro de electricidad, la corriente debe ser cortada por un empleado de la compañía de electricidad si es posible.

Cuando el cuerpo de bomberos deba hacerlo únicamente debe asignársele la tarea a personal entrenado y que esté consciente de los peligros.

Cuando un incendio involucra solamente un área de un edificio, es innecesario cortar la corriente en toda la edificación.

La corriente puede ser cortada por medio de un interruptor o sacando un fusible. Se debe tener cuidado para hacerlo evitando hacer contacto con la piel desnuda. Una práctica común en incendio residencial es "sacar el medidor desconectado".

Si los contactos están expuestos, se le debe insertar un protector y colocarle una etiqueta de advertencia para avisar y evitar su uso hasta que el personal calificado haya revisado el sistema. En algunos medidores de edificios comerciales al sacarlo no interrumpe el flujo de energía eléctrica. Los bomberos también deben estar alertas sobre la existencia de equipos de energía eléctrica de emergencias, tales como plantas de emergencia.

En tales casos, el sacar el medidor o cortar el interruptor maestro no elimina totalmente la corriente eléctrica.

### **GUÍA PARA EMERGENCIAS ELÉCTRICAS**

A continuación se señalan unos puntos que serán de utilidad para atender emergencias eléctricas.

La lista no abarca totalmente lo que debe ser considerado, pero proporciona algunos principios que deben tenerse presentes para mantener un ambiente de trabajo seguro para el personal.

Cuando se consiguen cables desprendidos debe considerarse por razones de seguridad una zona de peligro con un radio igual de la longitud del cable desprendido, en todas las direcciones.

Esto se debe a que otros cables pueden haberse debilitado por el otro circuito y pueden desprenderse posteriormente.

Los bomberos deben protegerse no sólo de descargas eléctricas y quemaduras, sino también de lesiones en los ojos provocados por los arcos eléctricos.

Considere todos los cables como si tuvieran corriente de alto voltaje.

Desde el punto de vista de la seguridad, los bomberos no deben cortar los cables, sino que deben esperar y permitir que el personal entrenado de la compañía de electricidad efectúe los cortes que sean necesarios.

Solamente en las circunstancias más extremas es que debe exceptuarse esta regla.

Cuando existe un peligro eléctrico, use siempre los equipos de protección personal completos y herramientas aisladas.

Se debe tener cuidado al izar o bajar escaleras, mangueras o equipos cerca de tendidos eléctricos aéreos.

En áreas donde hay cables desprendidos, proceda con mucho cuidado y observe alguna sensación de vibraciones en sus pies.

Debido al contenido de carbón de las botas se pueden transmitir pequeñas cargas, indicando que hay corriente en el suelo.

No toque ningún vehículo o auto bomba que esté en contacto con cables eléctricos en vista de que el contacto con el cuerpo cerrará el circuito a tierra ocasionando descargas eléctricas.

Cuando más de un cable se encuentren desprendidos, considérelos igualmente peligrosos cuando estén o no haciendo arco.

Cuando se encuentran equipos eléctricos energizados, no es recomendable utilizar chorro pleno.

Debe utilizarse patrón de neblina con presión de la boquilla no inferior a 100 PSI (700 kPa) y no deben utilizarse aplicaciones en vista de que pueden actuar como conductores.

Debe darse consideraciones especiales a las cercas, en vista de que al entrar en contacto con ella o con el marco protector, una línea eléctrica energizada, toda la cerca quedará energizada siempre que sea continua.

Esto presenta dificultad para proteger a las personas debido a la extensión de la cerca.

### **CONTROL DEL SERVICIO DE GAS**

Es muy importante para todos los bomberos tener un conocimiento práctico del peligro y los procedimientos correctos para el manejo de incidentes relacionados con gas natural y gas licuado de petróleo (G.L.P.).

Casi todas las viviendas, casas y negocios utilizan el gas natural o G.L.P. en cocinas, calefacción, o procesos industriales.

El bombero familiarizado con el uso y distribución del gas será capaz de prevenir o reducir los daños ocasionados por incidentes donde se encuentran involucrados estos gases.

El gas natural es mayormente metano con pequeñas cantidades añadidas de etano, propano, butano y pentano.

Es más liviano que el aire y por consiguiente, tiene la tendencia de elevarse y dispersarse en espacios abiertos.

El gas natural no es tóxico pero está considerado como un asfixiante porque puede desplazar el aire normal necesario para la respiración y ocasionar asfixia.

Es incoloro por sí solo, pero se le añade un olor muy característico en planta.

Su distribución se realiza desde los pozos de gas hasta el sitio donde va a ser utilizado por medio de una red nacional de tuberías de superficie y subterráneas.

La presión en estos tubos varía desde 1/4 hasta 1.000 libras por pulgada cuadrada (3 h. = Pa a 6.900 kPa); sin embargo, la presión usualmente es inferior a 50 libras (350 kPa) en los sitios de distribución local.

Es explosivo en concentraciones entre el cuatro y catorce por ciento.

La compañía local de servicios debe ser notificada cuando ocurra cualquier emergencia que involucre gas natural en su jurisdicción.

Ellos designarán un personal de emergencia equipado con herramientas, especiales, mapas del sistema de distribución y el entrenamiento y experiencia necesarios para ayudar a controlar el flujo de gas.

El tiempo de reacción de estos equipos usualmente es menor de una hora, pero puede ser mayor en áreas rurales o en momentos de gran demanda.

Debe incentivarse las buenas relaciones entre los bomberos y la compañía que presta el servicio.

El gas licuado de petróleo (G.L.P.), o gas en garrafas, como se le conoce algunas veces, es un gas combustible almacenado en estado líquido bajo presión.

Es utilizado principalmente en viviendas como combustible para cocina y calefones, en casas rodantes y viviendas agrícolas y/o rurales.

Se ha experimentado un incremento en el uso de G.L.P. como combustible para vehículos de motor.

El gas está compuesto principalmente de propano con pequeñas cantidades añadidas de butano, etano, etileno, propileno, iso-butano o butileno.

El G L.P. es incoloro por sí solo, pero se le añade un compuesto oloroso muy característico en las planta procesadoras.

El gas no es tóxico pero está considerado como asfixiante porque puede desplazar el aire normal de respiración o ocasionar asfixia.

El G.L.P. es aproximadamente una y media veces más pesado que el aire. así que ocupará el espacio más bajo posible.

El gas es explosivo en concentraciones entre 1,5 y 10 por ciento.

Del centro de distribución hasta el sitio donde va a ser utilizado es llevado en cilindros o tanques sobre vehículos de carga.

Es almacenado cerca del sitio donde va a ser utilizado y luego conectado a los equipos a través de tuberías subterráneas y tuberías de cobre.

Todos los recipientes de G. L. P. están sujetos al BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), explosión de vapores en expansión de líquidos en ebullición cuando están expuestos a calor intenso o llama abierta.

Los incidentes que involucran al sistema de distribución frecuentemente se originan por excavaciones alrededor de tuberías subterráneas.

Si hay escape de gas pero sin llamas, debe contactarse la compañía que presta el servicio Inmediatamente.

No deben estacionarse los vehículos próximos a la escena del incidente motivado a ;la posibilidad de ignición.

Los bomberos deben estar preparados para una posible explosión y subsiguiente incendio.

La primera consideración de los bomberos debe ser la eliminación de las fuentes de ignición en el área.

La rotura de la tubería principal puede haber dañado las conexiones de servicio próximas al sitio por consiguiente, deberá chequearse las edificaciones ubicadas alrededor para detectar la presencia de concentraciones de gas.

Los bomberos no deben intentar operar las válvulas principales porque las acciones incorrectas pueden agravar la situación u ocasionar la interrupción innecesaria del servicio de gas en un área no afectada por la rotura.

Si el gas esta ardiendo, no debe extinguirse la llama.

Si se considera necesario las áreas de exposición pueden ser protegidas con chorros de mangueras, si es necesario.

La situación más común que deberá enfrentar en general los bomberos está relacionada

con el medidor de suministro. Por lo general el medidor está ubicado fuera de la edificación y normalmente visible desde la calle.

El flujo de gas a la edificación puede interrumpirse colocando la válvula de corte en la posición de cerrado, lo cual debe ser perpendicular a la tubería.

Los bomberos que actúan en esta operación, deben avanzar una línea con chorro de neblina para protegerse a sí mismos.

Debe enfatizarse que el gas que está ardiendo, no debe extinguirse la nunca

Si por alguna razón la llave del medidor no puede ser operada, la tubería puede cerrarse parcialmente comprimiéndoles con una herramienta hidráulica de rescate.

Esta acción no cortará el fluido de gas pero sí lo reducirá

El G. L. P. o gas en garrafa se almacenan en uno o más tanques o cilindros al aire libre. El suministro de gas a una estructura puede ser interrumpido cerrando la válvula en la tubería que va a la edificación.

Si la válvula no puede ser operada, el gas puede pararse comprimiendo la tubería que va al edificio con un alicate o en el caso de tuberías más gruesas con una herramienta hidráulica de rescate.

El gas que no se ha quemado puede disiparse con un chorro de neblina de al menos 400 LEin (100 gpm).

Si existen problemas con algún cilindro o tanque, debe establecerse contacto con la empresa responsable de prestar el servicio.

## **TACTICAS DE COMBATE DE INCENDIOS**

Algunos Cuerpos de Bomberos tienen planes predeterminados o políticas escritas para casi todos los tipos de emergencia que pueden concebir o que puedan ocurrir.

Estos procedimientos son efectuados usualmente por el primer grupo que llega a la escena y se conocen como procedimientos operativos vigentes

Los procedimientos operativos vigentes pueden variar considerablemente en diferentes localidades, pero en términos generales los principios son los mismos.

El procedimiento es fundamentalmente un medio para iniciar el combate del incendio, pero su uso no reemplaza el necesario análisis de la situación y la toma de decisiones que puedan estar basadas en el sentido común y como parte de una acción de comando.

Por otra parte, puede haber varios planes entre los cuales hay que escoger, dependiendo de la severidad del incendio, localización y la capacidad de las unidades que primero lleguen para asumir el control.

En algunas oportunidades, en un plan puede contemplarse todo lo necesario para confinar y extinguir un incendio.

En incidentes más complejos el plan puede ser utilizado únicamente para proporcionar una defensa adecuada del fuego hasta que se puedan emplear fuerzas adicionales para combatir el incendio. En los planes usualmente se señala la forma de realizar actividades generales en cualquier escenario de emergencia, pero también pueden incluirse procedimientos para hacer más eficientes las operaciones en objetivos específicos Pre-planificados.

La incorporación de los planes en los planes de atención de los riesgos especiales reduce la confusión en el área del incendio y la memorización.

La eficiencia se incrementa en situaciones especiales, cuando las brigadas utilizan regularmente los planes en las actividades de combates de incendio.

De igual forma, durante la implementación de un plan, el jefe de bomberos tendrá la oportunidad de aplicar otros planes pre-incidente y desarrollar una forma de ataque diseñada de acuerdo a las necesidades del incidente.

A continuación se presentan algunos ejemplos de planes del cuerpo de bomberos para incendios en diferentes instalaciones.

## **TÁCTICAS DE INCENDIO PARA RESIDENCIAS UNIFAMILIARES**

La tripulación del primer vehículo contra incendio que llega al sitio de la escena iniciará el combate del incendio tomando en consideración las condiciones actuales del incendio y el comportamiento que se espera que tenga.

Esta tripulación también efectuará el reporte por radio al centro de despacho indicando la ubicación exacta, áreas de exposición, y las condiciones que se encontraron en el incidente.

El jefe del grupo después de evaluar la situación, puede ordenar tender una línea u ordenarlo al próximo autobomba que llega.

El trabajo de los vehículos siguientes es respaldar al primer vehículo según sea requerido.

Una vez conocida la ubicación del incendio, el Jefe de grupo del primer vehículo instalará la línea de ataque inicial para cubrir las siguientes prioridades:

Desplazamiento de las líneas para interponerse entre el fuego y los ocupantes atrapados para proteger al personal de rescate.

Protección de las principales vías de escape.

Protección de áreas interiores expuestas (otras áreas ocupadas) .

Inicio de la extinción.

Dirigir las operaciones con la mangueras.

La dotación del segundo autobomba debe establecer primeramente el suministro de agua disponible para combatir el incendio y luego proceder de acuerdo a las siguiente prioridades:

Respaldar las líneas de ataque inicial.

Proteger los medios secundarios de escape.

Prevenir la propagación del incendio. (Confinarla).

Proteger las áreas de mayor exposición.

Colaborar en la extinción.

Cuando los equipos de protección respiratoria no han sido puestos en operación durante el trayecto, debe hacerse inmediatamente al llegar y antes de proceder con el ataque interior del incendio.

En emergencias de cierta magnitud puede ser necesario que el grupo que llegue en el primer vehículo comience las operaciones de rescate y el segundo grupo asuma la responsabilidad del tendido de las primeras líneas de ataque al incendio.

Sin embargo, generalmente, la función de rescate será ejecutada por el personal especializado con la protección de los chorros de mangas de los autobombas.

El jefe de la dotación y uno o dos miembros equipados con herramientas entran al edificio para iniciar la búsqueda en el interior, antes de pasar a niveles superiores.

Simultáneamente, el conductor junto a uno o dos bomberos levantan las escaleras necesarias para entrar o ventilar la construcción desde el exterior.

Por ejemplo, puede utilizarse una escalera para efectuar un rescate en una ventana un segundo piso mientras que el equipo elevado es levantado hasta el techo para efectuar la ventilación.

Tanto el personal que trabaja en el interior como los de exteriores deben iniciar la búsqueda en áreas donde lo más probable es que estén inhabitadas de acuerdo a la situación.

Como se ha dicho anteriormente la búsqueda debe efectuarse sistemáticamente para evitar que se omitan áreas.

Además de los procedimientos de rescate y ventilación, frecuentemente es necesario que los tripulantes del vehículo escalera colaboren con los tripulantes de los autobombas en el ataque al incendio.

## **TÁCTICAS DE INCENDIOS EN INSTALACIONES**

### **PROTEGIDAS CON SISTEMAS DE EXTINCIÓN**

Algunos edificios están equipados con sistemas automáticos de extinción con

rociadores y tuberías secas.

Esto se debe fundamentalmente a la alta potencialidad de pérdidas de vidas, nivel del riesgo del proceso y tipos de construcciones.

En los procedimientos operativos de los Cuerpos de Bomberos debe considerarse la necesidad de apoyar estos sistemas.

Particularmente los bomberos deben dar una alta prioridad al apoyo, a los sistemas de extinción de incendio cuando:

Los grupos de ataque inicial son asignados inmediatamente para evacuación o búsqueda de víctimas.

Los chorros no pueden alcanzar áreas sumamente amplias o de gran altura.

Fluye agua debido a la operación de los cabezales de los rociadores.

Los sistemas dependen del apoyo del cuerpo de bomberos para que puedan funcionar.

Las tácticas requieren el uso de las tuberías secas que no están conectadas con el sistema de suministro de agua.

Las tuberías fijas se abastecen de fuentes de agua privadas y la presión la suministra un sistema de bombeo independiente.

Los procedimientos operativos a ser utilizados en estas zonas, es conveniente que sean incorporados al plan de contingencias elaborado específicamente para la edificación.

Estos planes incluyen una descripción detallada de las características de la construcción, contenido, sistemas de protección e instalaciones circundantes. También establecerá los procedimientos a ser utilizados por cada grupo de acuerdo a las condiciones con que se encuentren.

Como parte integral del plan, debe incluirse un plano del edificio que señala los suministros de agua, conexiones del sistema de protección, y ubicación de los vehículos de bomberos, y debe mantenerse actualizado para señalar los cambios que afectan las operaciones del Cuerpo de Bomberos.

### **INCENDIOS Y EMERGENCIAS EN ESPACIOS CONFINADOS**

Las operaciones de combate de incendio y de rescate deben efectuarse con frecuencia, en sitios que están bajo el nivel del suelo o bien en sitios carentes de ventilación tanto natural como artificial.

Los sótanos, cavernas, trincheras, tanques de almacenamientos y cloacas son sólo algunos ejemplos de este tipo de áreas.

El factor más importante para la operación segura en estas emergencias es el reconocimiento del peligro inherente a las áreas confinadas.

Las condiciones ambientales que pueden encontrarse incluyen:

Deficiencias de oxígeno

Vapores y gases inflamables.

Gases tóxicos

Temperaturas elevadas

También pueden estar presentes riesgos físicos tales como:

Vías de entrada y salidas limitadas

Estructuras de soporte dobladas o inestables

Agua u otros líquidos en las partes más bajas

Riesgos por los servicios de gas y electricidad

El énfasis en el uso de los equipos de protección personal nunca será exagerado,

especialmente con los equipos de protección respiratoria autónomos de presión positiva. Las máscaras de filtros resultarán inútiles en atmósferas muy cargadas porque pueden otorgar una deficiente protección respiratoria.

Autónomos desmontados, se deben extremar las precauciones para evitarse retirar máscara del que está haciendo el rescate.

También hay que recordar que se disponen de máscaras para el suministro de aire que poseen largas mangueras de suministro que eliminan el uso de tanques.

Todo el personal de rescate deberá estar atado una línea de vida antes de entrar.

Esta línea debe ser chequeada constantemente y debe contarse con un grupo de rescate de reservas equipado adecuadamente, igual en número al grupo de rescate que está trabajando en las áreas interiores

Debe prepararse un sistema de comunicación entre los grupos que están adentro y los de afuera en vista de que los radios portátiles pueden ser inefectivos.

Son también importantes las comunicaciones con los supervisores y otras personas con amplios conocimientos sobre el sitio del siniestro ya que pueden suministrar información muy valiosa sobre los riesgos existentes, el número de víctimas y su posible ubicación.

Los bomberos deben estar preparados para implementar los métodos de extinción o rescate preestablecidos sin demora,

Estos planes deben incluir medidas para la protección del personal de rescate y de las víctimas, control de los servicios públicos y otros peligros físicos, comunicaciones, ventilación e iluminación.

Los equipos a ser utilizados en las operaciones de rescate donde no existe fuego deben ser certificados para uso en atmósfera explosivas; esto incluye las linternas, extractores de humo y radios.

En vista de que el acceso en estos accidentes es generalmente restringido, será vital para el éxito de la operación el establecimiento de un puesto de comando y un área de espera. (Zona roja - zona amarilla - zona verde).

El área de espera debe estar ubicada cerca de la entrada pero sin obstruirla y en la misma deben concentrarse los recursos humanos y materiales, que van a ser utilizados.

Los bomberos no deben entrar a estos sitios cerrados hasta tanto el oficial al mando halla decidido sobre el curso de la acción a seguir y haya emitido las órdenes respectivas.

Un bombero se debe ubicar en la entrada para llevar un control sobre el personal y los equipos que entran y salen.

Este bombero debe anotar y verificar la misión, presión de tanque, nombre y el tiempo seguro de trabajo estimado de todo el personal que entra.

Este procedimiento permite estar pendiente de todos los miembros del grupo y reduce la posibilidad de que alguno pase desapercibido después que su tiempo límite de trabajo seguro haya terminado.

Una vez dentro de las instalaciones, los bomberos deben efectuar la operación de búsqueda o cualquier otra actividad de manera sistemática y con un mínimo de esfuerzo.

Si la entrada debe hacerse bajando escaleras, se debe efectuar tan rápido como sea seguro hasta el fondo de las mismas.

En condiciones de incendio, el calor y el humo se concentrarán en la parte superior de la escalera y la situación debe ir mejorando a medida que se desciende.

Al llegar al fondo pueden iniciar la búsqueda con el método de girar hacia el lado izquierdo o hacia el lado derecho.

Los grupos que avanzan deben aprovechar la oportunidad de ventilar a medida que progresan.

También deben mantener comunicación con el puesto de comando para reportar lo que hacen, las dificultades, o para recibir instrucciones adicionales.

Los bomberos no deben dudar en abandonar el sitio si las condiciones interiores o los reportes exteriores indican la inminencia de un colapso estructural.

Es recomendable que otros grupos se dediquen a identificar los riesgos potenciales de posibles desprendimientos de objetos sobre los bomberos.

Soportes debilitados por el fuego, tales como vigas de acero y columnas sin revestimiento, pueden ser "congelados" si se dirige una manguera a ellos.

Se debe tener en cuenta que los soportes metálicos sin protección fallan rápidamente cuando se exponen a temperaturas mayores a 315°C (600°F).

A mayor tiempo de exposición, mayor posibilidad de que fallen, independientemente de su composición.

Por otra parte la mercancía almacenada en estantes se irá haciendo más inestable a medida que aumentan los daños por el fuego y la mercancía va absorbiendo el agua.

La aplicación de los chorros de mangas debe efectuarse con extrema prudencia motivado a la dificultad de ventilar el vapor de agua generada.

El fuego en áreas confinadas también puede ser atacado indirectamente con boquilla, distribuidores, esparcidores o espuma de alta expansión. Mientras se combate el incendio se debe prestar especial atención a la posibilidad de propagación vertical del fuego.

Motivado al confinamiento del calor, los bomberos sentirán que se cansan más rápidamente y agotarán el suministro de aire del equipo de protección personal con facilidad.

Por esta razón es que deben solicitar ser relevados antes de que se sientan exhaustos y deben observar estrictamente las técnicas de conservación de energías y verificación de válvulas indicadoras de presión.

Los bomberos no deben internarse mas halla de lo que le seguridad del aire disponible para regresar, permita el margen de seguridad del aire disponible para regresar.

## **TÁCTICAS PARA FUEGOS DE COMPARTIMENTOS INTERIORES EN INCENDIOS ESTRUCTURALES**

### **"FOG ATTACK, ATAQUE CON CHORROS DE NIEBLA"**

#### **INTRODUCCIÓN:**

La metodología del ataque con niebla fue una técnica utilizada por los cuerpos de control averías e incendio de las armadas a bordo de los buques desde los comienzos de la IIGM. Era considerado un ataque indirecto al fuego, la técnica consistía en arrojar los chorros de agua como niebla sobre las superficies metálicas calientes, logrando la transformación del agua en estado líquido en miles de m<sup>3</sup> de vapor, el mismo actuaba como agente extintor, invadía todo el compartimiento en cierta forma logrando la extinción del siniestro. Para que el método sea exitoso las superficies debían estar sumamente calientes el porcentaje ideal según cálculos de la época, mencionaban que el vapor debería ocupar de un 10 a un 35% del volumen del lugar esto originada la dispersión de los gases inflamables (productos de la combustión) absorbiendo calor, logrando la extinción del fuego. Si un cuarto tiene unos 40m<sup>2</sup> de superficie, con 2,5m de

altura, podría contener unos 100 m<sup>3</sup> de gases de combustión y llamas. Para lograr el 10% de vapor, basándose en 5 lts con una expansión de 1700:1. En teoría podemos calcular el potencial de calor para lograr establecer la cantidad de vapor que necesitamos. Para calentar 1 litro de agua a 90°C requerimos de 380Kw. para evaporarlo requerimos de 2360Kw. y aportar 160Kw. para convertirlo totalmente en vapor.

- ▶ AREA DEL PISO: 40m<sup>2</sup>.
- ▶ ALTURA : 2.5 m
- ▶ CONTENIENDO: 100 m<sup>3</sup> de llamas y gases c/10% de vapor
- ▶ Para lograr una proporción del 8,5%.
- ▶ 5 Lts. de agua = 5x1700
- ▶ Cuánto calor se necesita?
- ▶ Para calentar el agua a 90°C = 380 Kw.
- ▶ Para evaporarse = 2360 Kw.
- ▶ Para producir vapor a 180°C = 160 Kw.
- ▶ El calor total por consiguiente:

$$5 \times (2360 + 160 + 380) = 14.500 \text{ Kw}$$

Si asumimos que este calor lo encontramos en todos los incendios e inclusive dentro de los primeros minutos de originado se deberán "mojar" unos 5m<sup>2</sup> para lograr la evaporación necesaria: Operaciones de este tipo como se menciona hace ya bastante tiempo que se vienen aplicando, comúnmente se utilizan boquillas con un consumo de 75 a 100 lpm.

### **LAS DESVENTAJAS**

1. Las aberturas dentro del edificio pueden permitir al fuego propagarse a consecuencia de la presión positiva provocada por la expansión del vapor.
2. Dependiendo de la experiencia de los bomberos en trabajos internos en fuegos estructurales dependerá del porcentaje de seguridad que logren en la aplicación de los chorros de agua. Se reportaron varios incidentes por falta de experiencia de bomberos en estas intervenciones, ya que la súbita generación de vapor en la transformación del agua, produce una importante onda de presión que empuja el fuego a otros sectores del inmueble. El "Fog Attack" (llamado así su lugar de origen) también es utilizado conjuntamente con técnicas de PPV (Presume positiva ventilación - ventilación por presión positiva) en maniobras de combate en fuegos estructurales, en compartimentos interiores; en USA existe una tendencia de aplicación de chorros sólidos en ataques directos desde el exterior y chorros cono de poder (clasificación según NFPA) en ataques indirectos ya en etapa de aproximación. En cierta forma el ataque con niebla en USA perdió cierta "popularidad" siendo reemplazado por el ataque combinado. Por el contrario en Europa, en fuegos estructurales esta "floreciendo" la técnica del "Fog attack" siendo verdaderamente ideal para trabajos en interiores. Durante muchos años se han realizado muchas pruebas y comprobaciones relativas a los ataques interiores, tipos de chorros, presiones a utilizar, tasa de aplicación lo que provoco bastante bibliografía para consultar. Sin embargo en estos trabajos estrictamente técnicos ningún autor hace mención a la habilidad que debe tener el operador del pitón y su ayudante.

En 1990 la FEU (Federación de la Unión Europea de Jefes de Bomberos) llevó a cabo un test, evaluando distintos tipos de mangueras, diámetros y presiones HP (alta presión) y LP (baja presión) en pruebas de fuegos interiores, observando algunos detalles:

1. Se observó lo determinante de la correcta aplicación por parte de los pitoneros bien entrenados, diferenciado esto de personal sin o con poca experiencia.
2. También existió diferencia entre los chorros productos de las presiones HP y LP.
3. Lo que originó mejores resultados con chorros producto del HP (alta presión):
  - A. El tamaño de la gota es más pequeño.
  - B. Tienen buena proyección.
  - C. Con una buena maniobra de aplicación se logran buenos parámetros de enfriamiento derivado de la excelente absorción de calor.

Las pruebas se basaron en una tasa de aplicación de 100 lpm, combinando el ataque indirecto con el directo cumpliendo 3 fases:

FASE UNO: refrescar el cuarto desde el exterior antes de ingresar.

FASE DOS: después de unos 60 segundos de trabajar en el enfriamiento del cuarto a los efectos de lograr disminuir las temperaturas aéreas.

FASE TRES: Ingreso al lugar y aplicación de ataque directo discontinuo a las superficies calientes.

Existen algunos trabajos interesantes tales como "La extinción de fuegos en compartimentos interiores basándose en agua", 1986, M. A. Kokkala y "Requisitos mínimos para la supresión de fuegos de cuartos", 1970, F. Salzberg.

En Escandinavia la técnica de aplicación de agua en fuegos estructurales se ha vuelto prácticamente una ciencia, dos Ingenieros Suecos especialistas en incendios Gieselsson y Resserander continuaron los trabajos de un Ingeniero Alemán que desarrollo por los años 50, como resultado de estos trabajos se abrió para Europa las puertas a los fenómenos físicos de Flashover y Backdraft.

### **EL ATAQUE CON NIEBLA OFENSIVO:**

Cuando el agua se expande transformada en vapor produce de 1700 a 3400:1 dependiendo de las temperaturas. No obstante la aplicación inadecuada o errónea de los chorros de agua pueden dar como resultado un importante aumento de la presión interna a consecuencia de la expansión del vapor; sin embargo por el contrario cuando el ataque es aplicado correctamente este fenómeno no se produce.

De esta forma podemos lograr una buena visión de los gases de combustión, el fuego y el plano neutral.

Al aplicar correctamente el ataque con niebla el plano neutro ascenderá junto con la disminución de la zona de presión de los gases combustibles, uno de los principales aspectos beneficiosos es que los bomberos no están expuestos a los gases súper calentados y se lograra una buena visibilidad a lo largo de la maniobra.

Según investigaciones se estima que un diámetro de gota de 0.3 mm es óptima para aumentar la absorción de calor y lograr el efecto de enfriamiento, el ataque aplicado de esta manera mantendrá una atmósfera controlada ya que en atmósferas con altas temperaturas es el principal requisito de seguridad para los bomberos. De hecho se

puede aplicar PPV táctica, esto ayudara a la dilución de los gases antes que encuentren oxígeno y reaccionen súbitamente.

Mucho se ha dicho también sobre los ángulos de los chorros que sean de 30°, 45°, 60° y que se deben aplicar, en este sentido la maniobra es mucho más sencilla el pitonero debe adoptar el ángulo de chorro que "crea conveniente", todo depende del efecto que logre y cual es su objetivo principal; si es muy importante aclarar que una vez en el interior del compartimiento el chorro en la medida de lo posible debe adoptar el camino mas largo hacia los gases de combustión sobre el plano neutral y no cometer el grave error de arrojarlos sobre los focos de fuego principales o bien seleccionar un ángulo muy abierto que acerque el impacto del agua en las partes altas a la posición de los bomberos.

### ¿PORQUE?

En el primer caso han sucedido muchos "accidentes graves" al momento que los bomberos dentro de la habitación detectaron el foco principal e inmediatamente arrojaron agua sobre él creyendo extinguirlo y misión cumplida, este es un serio y grave error. Dentro de un compartimiento, habitación, etc., encontraremos temperaturas elevadísimas en algunos casos sobre los 700°C, el agua que se arroje sobre él o los focos de fuego sin antes aplicar técnicas para hacer descender la temperatura ambiente, se expandirá súbitamente en miles de metros cúbicos de vapor sobrecalentado invadiéndolo todo y quemando gravemente a los bomberos, no existe vestimenta de protección alguna que pueda defender al hombre de esta situación. En consecuencia el mismo pitonero puede originar el accidente del cual es sumamente difícil escapar.

En el segundo caso se han registrado lesiones inclusive dentro de los Simuladores en practicas de "Fog attack" un ángulo abierto de chorro en manos inexpertas puede ocasionar quemaduras en el equipo. Si la posición del pitón es hacia un ángulo elevado y el ángulo del chorro muy abierto al menos en la etapa inicial, el chorro de agua saldrá proyectado arriba de la posición del equipo, parte se transformara en vapor, el resto que mantenga su estado liquido caerá sobre los bomberos a casi o mas de 90°C , lo que provocara serias lesiones.

Si adoptamos un ángulo de 30° de apertura de chorro obtendremos dos aspectos:

1. La dilución exitosa y enfriamiento de los gases logrando minimizar el plano neutral.
2. Los gases de combustión van disminuyendo induciendo al enfriamiento a minimizar la cantidad hasta lograr localizar del frente de llama.

Se deben regular los chorros a presión inclusive en fuegos importantes, el pitonero en consecuencia para comenzar puede optar por seleccionar un cono de unos 30° aproximadamente a posterior puede ir ajustando los chorros conforme el avance y lo "crea conveniente". Otro aspecto que esta en discusión es el tiempo de duración de la aplicación ya sea de 3, 5, 6 segundos; en cierto sentido un pitonero experimentado aplicara los disparos de agua con intermitencia siempre observando los resultados que dependiendo de la efectividad los aplicara mas prolongados o no.

El pitonero debe ser consciente del uso excesivo del agua:

- Por exceso de agua obtendremos exceso de vapor a consecuencia de esto el Plano Neutral descenderá al contrario de disminuir y ascender.
- El vapor en cierta forma obrara en un porcentaje de la tarea de enfriamiento pero no redundara en beneficio de disminuir el / los focos de fuego.
- Las condiciones ambientales para los bomberos se tornan muy peligrosas.

- Se pueden originar serios accidentes.
- La onda de presión del vapor empujara a los gases calientes y al fuego a otras áreas.

### **ENTRADA Y MOVIMIENTO A TRAVES DE COMPARTIMIENTOS INTERIORES:**

Lo esencial y primordial que se debe "interpretar" y "saber" es que para ingresar a una habitación o un compartimiento "hay que abrir una puerta", esta acción esta permitiendo ventilar lo que significa que puede haber serias consecuencias.

Se debe contar en la medida de lo posible con información de los compartimentos, dimensiones de los cuartos y tener siempre presente la posibilidad de producirse un Backdraft. Cuando se deba abrir la puerta, el tiempo debe ser mínimo y siempre se tiene que adoptar una conducta defensiva por cualquier eventualidad que pueda ocurrir.

### **ANTES DE LA ENTRADA**

En posición defensiva de rodilla en tierra el pitonero debe arrojar agua en buena cantidad con cono de poder (NFPA) sobre la puerta, lograremos:

1. Proteger la estructura de la puerta que es el "escudo" que nos separa de la zona de fuego.
2. El agua al impactar sobre la superficie caliente de la puerta y dependiendo de la intensidad de la vaporización nos brindara el indicio hasta donde llega el plano neutral.
3. Parte de esa agua transformada en vapor comenzara a ingresar al cuarto ayudando en cierta medida a disipar los gases.
4. Continuando con la acción se deben posicionar convenientemente ya sea que la puerta abra hacia afuera o hacia adentro; el N° 2 o Ayudante debe tomar la puerta por el picaporte o manija firmemente bien agarrada para cerrarla inmediatamente ante cualquier reacción súbita que pueda ocurrir.
5. Para proceder abrir la puerta ambos estarán de acuerdo y ante una señal del pitonero el ayudante abrirá la puerta, el pitonero con el tipo de chorro y ángulo de apertura ya seleccionado aplicara en forma intermitente algunos disparos de agua hacia el techo donde se encuentran los gases calientes en su ruta mas larga, e ira observando la intensidad de la temperatura y los resultados.

Para ingresar se debe hacer una rápida evaluación de los riesgos siempre aplicando técnicas defensivas, es muy importante aclarar que si no existe en el equipo interviniente la suficiente seguridad para garantizar el ingreso, es aconsejable continuar con la técnica previa al ingreso hasta tanto la condición mejore.

### **TECNICA DEFENSIVA.**

Esta técnica es a los efectos que desde el exterior el pitonero aplique la suficiente cantidad de disparos de agua dentro del ambiente del compartimiento creando una "atmósfera segura" para permitir el ingreso. El N° 2 o Ayudante. Teniendo siempre la puerta abre lentamente, el N° 1 Pitonero aplica los chorros comenzando con un ángulo de 30° aproximadamente, y una aplicación de 3 segundos aproximadamente; inmediatamente el N° 2 cierra la puerta y esperan que el vapor al expandirse realice su trabajo, esta conducta los bomberos pueden observarla ya que por las juntas de la

puerta saldrá una estela de humo impulsada por el aumento de presión dentro del compartimiento a causa de la expansión del vapor.

Se deberá repetir esta maniobra tantas veces como sea necesario, un indicativo importante de la condición interna será en un momento la salida de vapor en lugar de humo; no obstante siempre se debe analizar la seguridad del ambiente de la habitación antes de decidir ingresar definitivamente.

### **ATAQUE INDIRECTO OFENSIVO.**

Esta técnica se aplica ante la posibilidad de un rescate, en este caso en el momento de abrir la puerta se deben de colocar a un lado ya dentro en el interior saliendo del recorrido de un posible Backdraft, ya que la ruta de la explosión y el alivio del frente de presión se encaminara por la puerta lugar del ingreso del equipo.

El N° 1 observará la parte de adelante zona donde esta aplicando los chorros y el N° 2 el resto del ambiente monitoreando cualquier cambio, la tarea del N° 2 es sumamente importante ya que entre el humo pueden viajar llamas que sean visibles, inclusive ubicarse detrás de la posición del los bomberos, evidentemente esto no puede ocurrir el N° 2 debe en forma temprana identificar estos síntomas para evitar que ambos queden atrapados.

De esta forma seguirán avanzando hasta realizar una aplicación directa sobre el foco de fuego en caso que no puedan dominarlo deberán retirarse a un lugar mas seguro.

Podemos decir que esta ultima técnica es "una opción" evidentemente cuando se produzca la posibilidad de un rescate interior, es sumamente importante por parte del Comando la evaluación de las posibilidades de éxito del rescate, los márgenes de seguridad de los equipos intervinientes y la posibilidad de sobrevivencia de la/s víctima/s dentro del incendio.

No obstante el ataque con niebla en combinación con técnicas de PPV a arrojados excelentes resultados, priorizando la seguridad de los bomberos, transformando el ambiente hostil de todo incendio estructural en compartimentos interiores.

## **BOIL OVER**

### **REBOSAMIENTOS DE LIQUIDOS COMBUSTIBLES.**

Dentro de los fenómenos físico-químicos devastadores de incendio tienen ganada su reputación los "rebosamientos" en incendios de líquidos combustibles. En muchos Países han ocurrido a consecuencia de estos siniestros y causas asociadas verdaderas catástrofes, principalmente en vidas de Bomberos, Brigadistas industriales y personal de apoyo.

Existen tres mecanismos de rebosamientos dependiendo de ciertas causas y circunstancias:

- **REBOSAMIENTO POR EBULLICION** "BOILOVER"
- **REBOSAMIENTO SUPERFICIAL** "SLOPOVER"

## REBOSAMIENTO ESPUMOSO

## “FROTHOVER”

De estos tres fenómenos el “Boilover” es el mas peligroso, debido a su potencial intensidad, sin subestimar o minimizar las reacciones del Slopover y del Frothover.

Distintas causas obraron para que estos siniestros cobren tantas vidas, la principal y como reglas que se pueden aplicar a la vida misma fue la organización, el desconocimiento, la imprevisión etc. de estos fenómenos por las organismos de emergencia, llevándolos a subestimar la situación; la falta de equipamiento adecuado, minimizando el margen de seguridad y como así también la información errónea del real contenido del tanque por parte de la empresa siniestrada hacia los Bomberos, esto surge rápidamente del análisis de los hechos que tuvieron en algunos casos verdadera relevancia internacional.

Cumpliendo con los objetivos desarrollaremos este tema bajo la óptica de la seguridad que a nuestro criterio debe ser el pilar fundamental de las maniobras en el combate de incendios en tanques de almacenaje que contengan productos, los cuales puedan producir rebosamientos.

Entendemos que la seguridad y la prevención de incidentes y accidentes de Bomberos, Brigadistas Industriales y personal de apoyo es la principal prioridad.

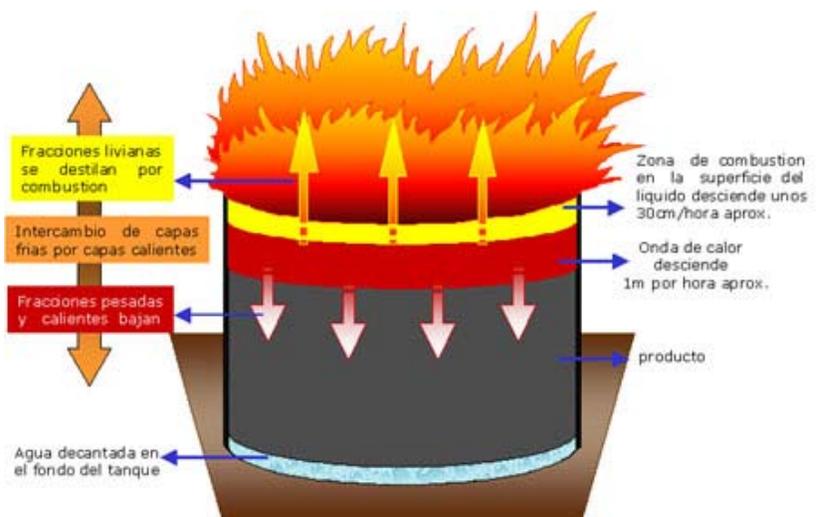
### **BOILOVER (REBOSAMIENTO POR EBULLICIÓN).**

En todo incendio de tanques de almacenaje de petróleo y que haya volado el techo, producto de la explosión inicial, durante el desarrollo del siniestro las capas compuestas por las fracciones de líquidos livianos se van destilando a través de la combustión del producto; esto es visible por las grandes llamas rojas y naranjas con desprendimiento de inmensas columnas de humo negro.

El resto del componente del petróleo que son las fracciones pesadas conforman una “onda convectiva de calor” que mediante este proceso comienza en sentido inverso a descender, realizando lo que se conoce como “intercambio de capas frías por capas calientes” estas capas calientes forman la onda de calor.

Las fracciones pesadas y calientes a temperaturas de entre los 200 a 300 °C aproximadamente.

Se calcula que realizan el descenso a 1 metro por hora aproximadamente; por otro lado la zona de combustión sobre la superficie del liquido, zona de llama va quemando y descendiendo a unos 30 cm por hora aproximadamente



Esta onda de calor convectiva, al tomar contacto con el agua decantada en el fondo del tanque produce una súbita transformación a vapor súper calentado expandiéndose 1:1700/2000 veces

dependiendo de la temperatura del líquido, dando lugar al rebosamiento de todo el contenido. Pensemos que el agua en estado líquido se expande 1700 veces a 100°C y un aspecto fundamental que marca el comienzo del rebosamiento aparte del tremendo ruido como a frituras producto del contacto del agua con las capas calientes; es el súbito incremento de la temperatura y la radiación térmica entorno a toda la zona.

El combustible es lanzado fuera del tanque en una explosión violenta formando una columna ascendente que en algunos casos supero los 30 metros de altura aproximadamente expandiéndose hacia los costados hasta tomar contacto con la tierra y proseguir propagándose y trasladándose en todas direcciones destruyendo todo lo que encuentra a su paso, en algunos casos la temperatura supero los 1200 °C.

La presencia de fuerte viento (1988, Punta Alta, provincia de Buenos Aires, Argentina) y la irregularidad del terreno (1982, Tocoa, Venezuela) en parte pueden ser factores determinantes para propagar el rebosamiento hacia algunos lugares mas que a otros.



**A: Punta Alta.-** Buenos Aires. Argentina. 1988: El viento reinante tuvo un papel preponderante en los sectores de mayor propagación.

**B: Tocoa, Venezuela,** 1984: El terreno accidentado beneficio la propagación del Boilover por la ladera del cerro hacia la playa.

### **TRES CONDICIONES FUNDAMENTALES DEBEN DARSE PARA QUE SE PRODUZCAN ESTOS FENÓMENOS.**

#### **Incendio total de un tanque con voladura del techo.**

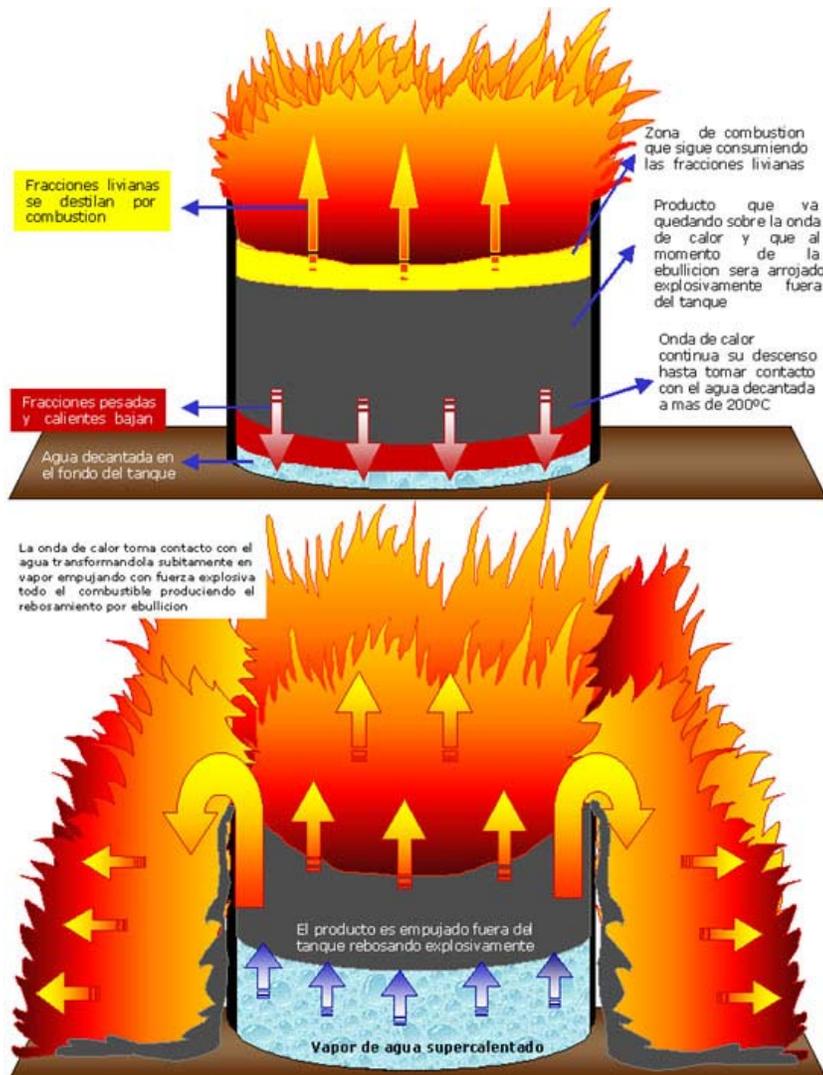
Los incendios en tanques de almacenaje se pueden dar de varias formas para este caso es decisivo que el techo haya volado a causa mayormente de la explosión inicial que dio lugar al incendio. En los tanques de techo fijo y cónico, esta parte es de suma importancia para las emergencias de incendio ya que los techos actúan como fusibles siendo la parte mas débil de toda su estructura.

#### **Presencia de agua en estratos o capas del combustible y en el fondo del tanque.**

El agua convive continuamente con el petróleo, forma parte del mismo y siendo mas pesada en los tanques de almacenaje siempre tendremos restos de agua decantada en el fondo. Pero también se forman en los estratos intermedios emulsiones de agua libre y petróleo, principalmente esto dependerá del trabajo que tuvo el deposito en tareas de llenado o bien de exportación; el agitación de los líquidos conforman estas emulsiones que son las que provocan inicialmente los slopover.

### Desarrollo de la “onda de calor”, intercambio de capas frías por capas calientes.

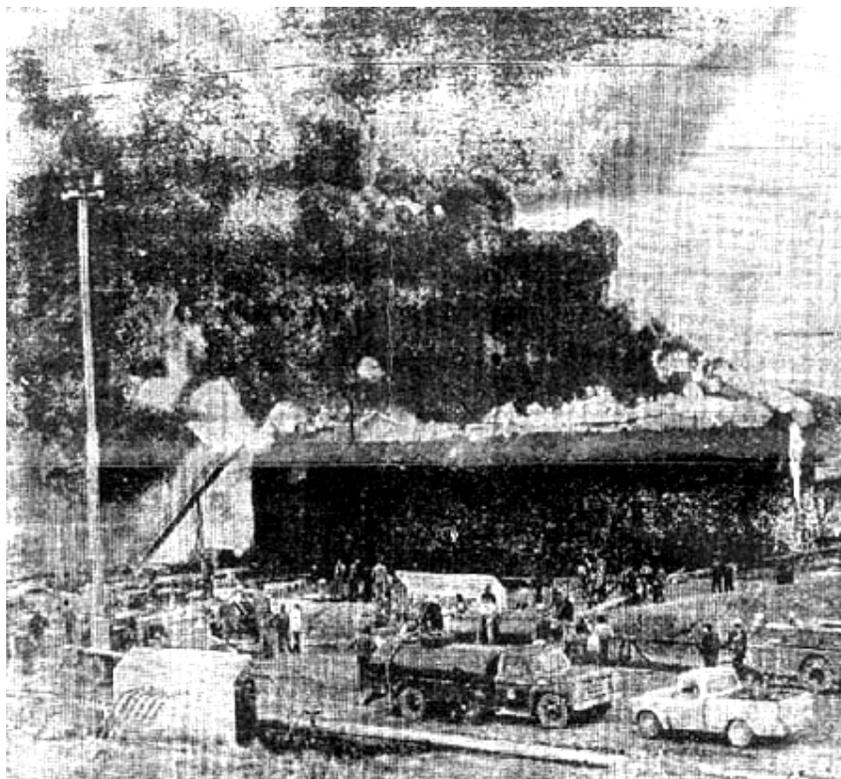
Esta característica también es determinante, ya que en monoproductos es poco probable que se forme la onda de calor por no existir el intercambio de capas frías por capas calientes que conectivamente desciendan hasta contactar las emulsiones de agua o el agua decantada en el fondo del tanque. Pero en productos como el petróleo estos fenómenos se producen indefectiblemente, ya que el petróleo tiene en su composición fracciones livianas y fracciones pesadas, como se menciona. Las personas a cargo de dotaciones de Bomberos o Brigadistas Industriales que deban combatir incendios de tanques de almacenaje de petróleo deben dar por hecho que estos fenómenos se producirán. En consecuencia están obligados a tomar las medidas de seguridad, prevención y continencia para evitar serios desastres y accidentes entre el personal. Para tener en cuenta la importancia y el papel determinante que tiene la onda de calor; un incendio en un tanque de petróleo a la vera de un camino en el estado de Texas, USA; los Bomberos habían extinguido el incendio y en momentos que creían haber finalizado se produjo el Boilover, por qué? : La onda de calor, a pesar de que en la superficie las llamas se extinguieron, continuo descendiendo en la intimidad del tanque y a través del producto hasta tomar contacto con el agua y rebosar todo el petróleo fuera del deposito, varios bomberos resultaron con quemaduras.



Los Boilovers pueden ocurrir de varias formas, no obstante se puede establecer un patrón en el proceso de la reacción pero no siempre debemos pensar que puede darse de esta forma.

Por ejemplo se han observado siniestros en los cuales antes del Boilover se produjeron hasta dos Slopover o rebosamientos superficiales (1980-Caleta Córdoba, provincia de Chubut, Argentina).

Como se menciona anteriormente la posibilidad de la producción de slopover va a depender del movimiento del fluido en el tanque, en consecuencia es una información vital que se debe constatar en la emergencia.



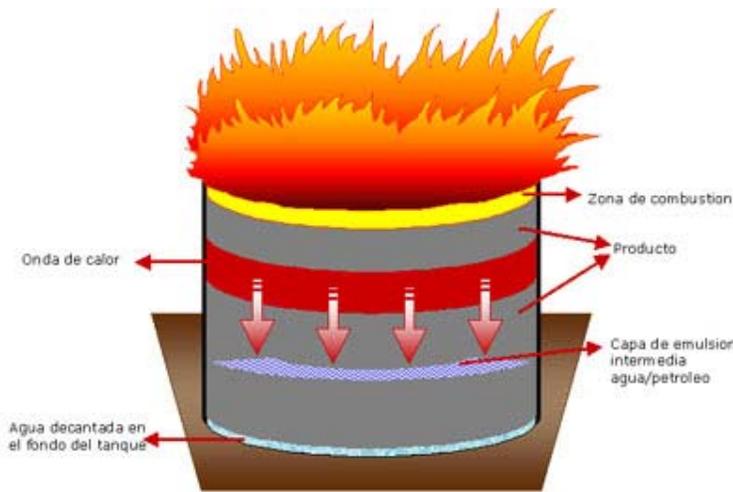
Caleta Córdoba, Provincia del Chubut, Argentina, 1980.  
Explosión – incendio - slopover y boilover en el tanque 57 de petróleo de 8400 m<sup>3</sup>

### **SLOPOVER (REBOSAMIENTO SUPERFICIAL).**

Este fenómeno tiene la misma mecánica de producción que el Boilover, y como se menciona se produce en líquidos combustibles como el petróleo que tiene varios componentes, unos livianos y otros mas pesados con distintas temperaturas de destilación.

Tras el incendio y el intercambio de capas frías por capas calientes que dan lugar a la formación de la onda de calor; esta puede encontrarse durante su descenso con estratos de agua o emulsión de agua / petróleo a distintas distancias debajo de la superficie; la onda convectiva toma contacto con estas capas de agua libre, produciendo un rebosamiento superficial con derrames parciales, sin grandes

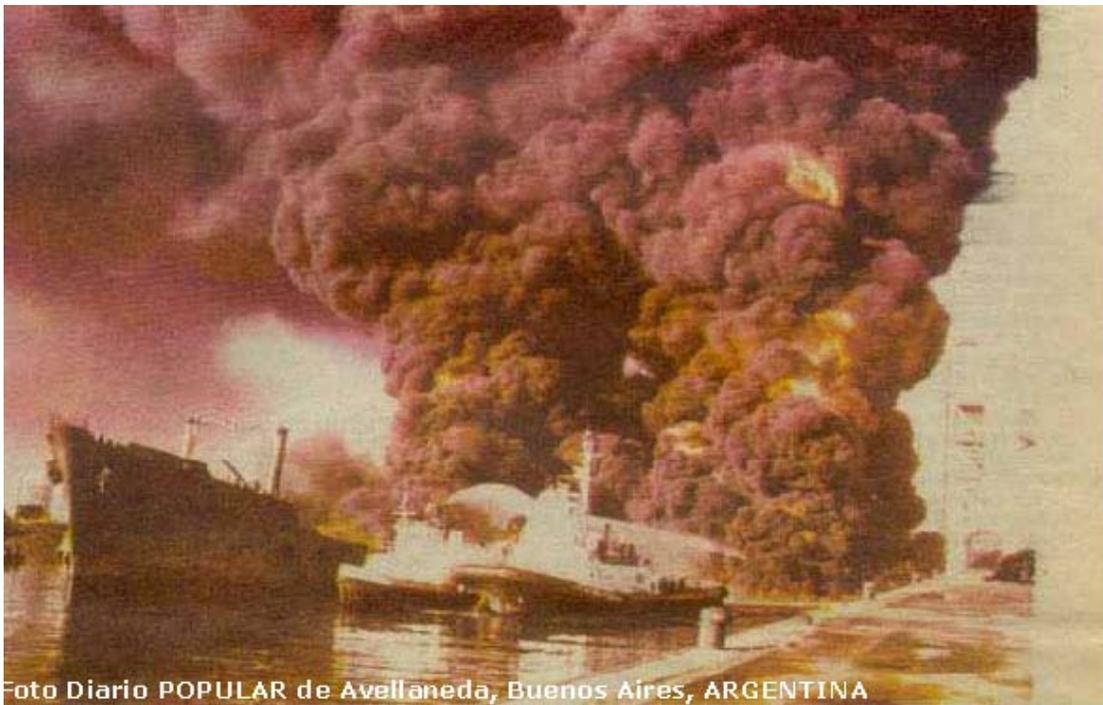
consecuencias de propagación. Este proceso se puede volver a repetir, en tal sentido los bomberos no deben confiarse que se haya producido el Boilover, pues el incendio continua hasta la etapa que la onda de calor llega a contactar con el agua decantada en el piso del tanque de petróleo donde ahí se produce el boilover que es el fenómeno mas devastador.



Durante las tareas de extinción del incendio del buque tanque "Perito Moreno" en Dock-Sud, dársena de inflamables en el polo petroquímico de la ciudad de Avellaneda, Buenos Aires, Argentina, al transcurrir unos cuatro días del comienzo del siniestro se produjo súbitamente el rebosamiento superficial que con intensa energía cruzó completamente el canal.

Todas las dotaciones de bomberos que estaban trabajando de ese lado tuvieron rápidamente que evacuar, el avance del fuego se freno en el muelle continuando la propagación hacia el final del canal reduciendo su intensidad a unos 300 metros aprox. destruyendo todo a su paso.

El slopover es un fenómeno que con ciertas condiciones puede ser tan destructivo como el Boilover, no así comparativamente en incendios de tanques de almacenaje.



*Dock Sud, Avellaneda, Provincia de Buenos Aires, 1984: Explosión, incendio y slopover del buque tanque "Perito Moreno", esta foto muestra el slopover al momento que se estaba produciendo; cruzando a la orilla contraria del canal e impactando contra el muelle, dos buques de apoyo con sus monitores intentando combatirlo.*

## **FROTHOVER (REBOSAMIENTO ESPUMOSO).**

El Frothover se produce con una mecánica similar al Boilover y el Slopover, siempre se repite el mismo proceso que básicamente es el contacto del agua que queda decantada en los tanques de almacenaje con ondas de calor o con producto caliente a temperaturas superiores a los 100 °C ,como lo es el caso del Frothover.

Este fenómeno es el rebosamiento de una espuma vapor / aceite que se esparce en torno al tanque, en el Frothover puede que debido a la temperatura y a la tensión de vapor del combustible tengamos presencia de llama o por la gran generación de vapor de agua se produzca una atmósfera inerte que no permita la formación de llamas.

El mismo se puede producir en monoproductos y productos con cierta viscosidad como ser aceites minerales y que en sus procesos puedan almacenarse a temperaturas elevadas, justamente por la característica de viscosidad como lo son por ejemplo los asfaltos, alquitranes etc.

En consecuencia el accidente puede ser debido a una mala maniobra de proceso y no a causa del incendio.

## **COMBATE DE INCENDIOS.**

En el combate de incendios en general y particularmente siniestros industriales, existe una regla de oro que en el ambiente industrial que se conoce como el “Triangulo del éxito o el triunfo”.

En el “Triangulo del éxito” observamos los tres componentes principales de una respuesta acorde a las exigencias, bajo estrictas normas de seguridad y prevención de incidentes y accidentes.

Una Compañía que adopte este lineamiento va a estar en condiciones de enfrentar la ocurrencia de un siniestro con la responsabilidad que será superado y extinguido resguardando la vida de las personas e instalaciones.



*El 24 de diciembre de 1989, una refinería en Baton Rouge, Louisiana (USA) a causa de un escape de gas se produjo una explosión seguida de incendio (esta se escucho a mas de 24 km, rompiendo los vidrios de las ventanas del Capitolio Estatal a unos 3 km.) provoco la voladura de la sala de bombas de incendio y una cañería troncal de incendio de 12 pulgadas, produciendo un voraz incendio que tomo unos 16 tanques de almacenaje con*

18.9 millones de litros de aceite para calefacción y 3,5 millones de litros de aceite lubricante, mas cañerías.

Gracias a la “previsión” de aplicar estos tres puntos fundamentales el incendio duro solo 15 horas, es considerado uno de los grandes siniestros ocurridos en parques de tanques con extinción exitosa, el Sr. Jerry Craft era el Jefe de Bomberos de la refinería y ese año fue distinguido con una mención especial en la International Industrial Fire World Expo de Houston, Texas (USA).

Jerry Craft decía: En el curso de estos años desarrollamos preplanees operativos para emergencias, esto hizo que nos sintiéramos bien debido a nuestra previsión, la inversión de tiempo, Bomberos bien entrenados, equipamiento adecuado y los planes de acción lograron rendir buenos resultados.

El Sr. J.Craft ya de un tiempo forma parte del Staff de la Compañía Williams Hazard and Fire Controls, especialistas en incendios industriales, su Presidente es el Sr. Dwight Williams, hijo del fallecido Less Williams creador de la tecnología “Hidrofoam” y tantas otras creaciones que revolucionaron el combate de grandes incendios industriales

Si en la programación de los Planes de Intervención Interna alguno de estos aspectos fundamentales no es tenido en cuenta, existen posibilidades que en su aplicación el fracaso sea inevitable con un posible alto costo “en vidas” e instalaciones.

En los siniestros ocurridos donde no se logro la extinción y se produjo el boilover, se han podido evaluar elementos que eran casi comunes en ellos; cuando los equipos y medios de combate son insuficientes, por la longitud de los chorros de espumígeno “que no llegan”, “que son barridos por las corrientes ascendentes del incendio”, “que las bombas y sistemas de dosificación son inferiores a lo necesario”; “Siempre se intenta un acercamiento mas allá de lo razonable”, en consecuencia se arriesgó al personal inútilmente con el objetivo de ganar y sostener esa cabeza de playa con los equipos en las cercanías del tanque (hubo casos que el personal ingreso dentro del dique de contención para lograr un acercamiento) objetivo que nunca lograremos y que es altamente riesgoso.

Por estos motivos para desarrollar los planes de acción, debemos analizar y observar si con el personal y su entrenamiento, los equipos e instalaciones que cuenta la planta, mas los planes de acción estamos en condiciones de enfrentar una emergencia de estas características.

De este análisis resultaran los pasos que debemos tomar para que la respuesta sea segura y apropiada.

Como prioridad en estos siniestros es la extinción del incendio en la menor cantidad de tiempo que sea posible, la medida de tiempo con que contamos dependerá de la cantidad de combustible que contenga el tanque al momento del incendio, cuanto mas carga tenga mayor será la cantidad de tiempo que se disponga para organizar los medios y ponerlos en funcionamiento.

### **Porque hacemos referencia en primer termino a la medida de tiempo?**

Porque es uno de los factores determinantes, sabiendo que aproximadamente la onda viaja a 1 m/hora podemos llegar a tener una idea de cuanto tiempo disponemos para la extinción sin arriesgarnos y evitar que se produzca el boilover.

La “onda de calor” se formara y conforme se vaya realizando el intercambio de capas frías por capas calientes debido a la destilación por combustión, emprenderá su viaje en la intimidad del crudo lentamente hacia la parte inferior donde puede encontrar en su recorrido ya sea “emulsión de agua / petróleo” o bien el agua decantada en el fondo del

mismo. Y justamente al tener mayor capacidad, mayor será el tiempo que demore en contactar el agua a altas temperaturas para producir vapor y generar los slopover o bien el boilover.

Por tales motivos en estos siniestros la prioridad N° "0" es organizar los medios de extinción y la prioridad N° 1 los medios de protección y enfriamiento o ambos en operaciones simultaneas.

Se debe extinguir correctamente para evitar que la onda de calor tenga contacto con el agua, no obstante se han registrado casos de tanques completamente extinguidos, en momentos que los bomberos estaban levantando el material se produjo el Boilover, que ocurrió?. El hecho en si es que el fuego fue extinguido en la superficie del tanque, pero la onda de calor continuo su viaje, en el exterior el aspecto era de un incendio extinguido, en el interior la onda de calor tomo contacto a altas temperaturas con el agua produciendo el Boilover, ocasionando serias quemaduras algunos bomberos y provocando el abandono y evacuación de la zona rápidamente, este es otro factor a tener en cuenta para no descuidarse.

### Observación de las señales externas en la onda de calor.

La destrucción y decoloración de las virolas de chapa de las paredes nos orientan a que distancia se puede encontrar viajando la onda de calor.



Foto gentileza Sr. Carlos Montero, ex Oficial Bomberos Punta Alta, Buenos Aires

- 1- zona de combustion a partir de la superficie del liquido, desciende 30cm/hora aprox.
- 2- zona de liquido a gran temperatura
- 3- zona de avance de la onda de calor mayormente es un descoloramiento por alta temperatura sin llegar a quemarse.



Marca que representa el nivel de liquido al momento del boilover esta foto pertenece a uno de los tanques aledaños.

Base del tanque

Foto gentileza Sr. Carlos Montero, Punta Alta, Buenos Aires

También para comprobar la temperatura que se va transmitiendo a la chapa envolvente del tanque, y dependiendo de sus dimensiones y la magnitud del incendio, consta en

posicionar monitores que proyecten chorros directos de agua a la chapa y comprobar su grado de evaporación, ese indicio podrá servir para comprobar a que altura se encuentra la onda de calor y que distancia la separa del fondo del tanque; esta maniobra no es aconsejable si no se cuenta con equipos monitores que por su performance puedan proyectar chorros de agua a grandes distancias, "nunca reemplazar la falta de aplicación en distancia por el acercamiento de los bomberos".

Una opción actual es el uso de cámaras de detección termal, estos sistemas modernos, que se están incrementando en su uso para las operaciones bomberiles.

Estos equipos brindan una lectura acertada de la ubicación de las distintas capas calientes sobre la pared del tanque, mediante una imagen termal.



"EVOLUTION 4000"  
MARCONI



"ARGUS 2"  
MSA



"VIPER"  
CAIRNS



"MAGNUS"  
RAYTHEON

**En incendios de tanque de almacenaje de petróleo debemos tener en cuenta algunos aspectos importantes:**

**1) Si en la zona al momento del incendio había trabajadores**

A los efectos de organizar la búsqueda y el rescate.

**2) Estado o situación operativa del tanque**

En que condiciones operativas se encuentra y que cantidad de crudo contiene, como se menciona anteriormente el nivel del líquido se identificara fácilmente ya que la superficie en llamas quemara y comenzara a castigar las

paredes con lo que esto brindara una notable diferencia.

**3) Información, esquemas, planos del lugar, de instalaciones**

Toda esta información es parte del componente principal de los Planes de acción y Los planes de Intervención Interna, en base a esta información se organizara la respuesta a la emergencia.

**4) Sistema de aprovisionamiento de agua**

Instalaciones fijas para tomas de autobombas, sistemas de protección y enfriamiento para instalaciones en riesgo, caudales y presiones de la red, capacidad de almacenaje y reserva. Esta información es vital principalmente en plantas que por su ubicación no cuentan con fuentes de abastecimiento en grandes cantidades y dependen solamente de la capacidad de almacenaje que en algunos casos puede ser de 3000 a 6000 metros cúbicos.

**5) Equipamiento y suministros a disposición**

Cantidad y tipo de agentes espumígenos, líneas de mangueras y conductos, monitores de gran caudal, boquillas y pitones sean para tareas aplicación de espuma o bien enfriamiento y protección a otras instalaciones con agua. Dentro del tiempo que se cuenta para armar el ataque a las instalaciones incendiadas es importante que las personas a cargo estimen correctamente los equipos y suministros a utilizar, ya que las maniobras que resulten en fracaso son duros golpes. En consecuencia un ataque infructuoso, sin resultados puede desembocar en serios riesgos para las personas e

instalaciones. Una vez que se comiencen las tareas de extinción se deben mantener hasta lograr la extinción total del tanque, no se pueden suspender o detener pues todos los esfuerzos invertidos en la tarea irreversiblemente se perderán.

## 6) Planes de intervención

La planificación de las maniobras, tácticas y estrategias es el eje vital para llevar a cabo las operaciones de lucha contra incendios, teniendo en cuenta la ayuda externa en las distintas especialidades, estos planes deben ser practicados y revisados para que se mantengan actualizados y acorde a las reales necesidades.

### **EL ENFRIAMIENTO DE LA CAPA DE GASES CALIENTES.**

El enfriamiento de las capas calientes de gases en un incendio estructural, es una nueva tecnología desarrollada por lo Bomberos Suecos, aplicando innovadores chorros a pulsaciones de lluvias o conos de poder (según NFPA) para mitigar los riesgos del Flashover, Backdraft, etc.

Estas técnicas se han desarrollado mas allá del Reino Unido y Australia y han estado adoptándose ahora por distintas autoridades de Cuerpos de Bomberos alrededor del mundo.

1- Enfriamiento de la capa de gases : Se aplican los chorros en primer termino hacia la parte superior del compartimiento donde tenemos el avance y desarrollo principal del fuego, de esta manera se evita cualquier progresión de situaciones de Flameovers y Flashovers.

2- Inertización : Se crea por medio de la conformación de pequeños volúmenes de vapor controlados la inertización del plano superior, esas microscópicas gotas de agua aparte de restar temperatura al proceso, actúan creando una atmósfera inerte que colabora evitando la formación de fenómenos como el Backdraft.

3- Extinción : Suprime el desarrollo y propagación del fuego por medio de las corrientes exotérmicas de gases combustibles como el monóxido de carbono o el dióxido de azufre los cuales a  $> 600$  °C son inflamables, estos gases calientes ascienden a gran velocidad ganando tanto las partes altas del compartimiento como corredores, cajas de escaleras, habitaciones superiores etc. propagando el incendio.

Estas técnicas " modernas " de aplicación " como opuestas " a la aplicación de chorros directos no son nada nuevas, inclusive el debate a nivel mundial se viene desarrollando en estos últimos cincuenta años de observar cual es la forma mas efectiva.

Ha habido numerosos proyectos de investigación al mas alto nivel académico, por medio de experimentaciones de laboratorio y reales buscando los pro y contra de ambas aplicaciones inclusive con el uso de las distintas técnicas de ventilación. En las condiciones de un incendio real cualquier forma de ataque al fuego va a tener ventajas de unas sobre otras, dependiendo de la variedad de condiciones que podemos encontrar.

Sin embargo el uso del ataque directo en 3D es una de las técnicas mas actualizadas y con posibilidades de un acercamiento al fuego, esta técnica tiene como prioridad generar un acercamiento seguro, minimizando los riesgos para los Bomberos dentro de

los recintos reduciendo la probabilidad de producción de eventos como el Flashover, etc.

Estas técnicas no fueron diseñadas y estudiadas para reemplazar los ataques directos o indirectos utilizando chorros directos o plenos, son un complemento mas de las formas existentes de ataque al fuego como un esfuerzo mas para aumentar la seguridad y la efectividad de los Bomberos.

La historia del acercamiento tridimensional al fuego comenzó en Alemania por los años cincuenta bajo los estudios del Ingeniero Oskar Heindrich pero no progreso mas allá de la teoría hasta los años ochenta, cuando los Bomberos de Estocolmo bajo la supervisión de Anders Lauren comenzó a experimentar luego que de un importante Flashover perdieran la vida algunos Bomberos. Luego a los trabajos se sumaron dos Ingenieros Suecos Kriter Giselsson y Esteras Rossander, ellos desarrollaron teorías que reforzaban aun mas la iniciativa de adoptar estas técnicas con el uso del agua niebla para evitar el riesgo de los fenómenos de Flashover y Backdraft.

Por 1984 estas técnicas se estaban aplicando a lo largo de Suecia y el Reino Unido con un éxito asombroso ; este desarrollo progreso en los años noventa donde las técnicas se adoptaron oficialmente en el Reino Unido, Australia, España y por la Armada de USA en el combate de incendios a bordo de sus buques, ya entrado el 2000 se suma Holanda, Alemania y Francia.

El ataque con agua-niebla en 3D no debe ser confundido con el agua-niebla indirecto o aplicaciones asociadas de cualquier estilo ya que son completamente diferentes. Como por ejemplo el acercamiento con aplicación indirecta de chorros de agua-niebla, este ataque se aplica el agua sobre las superficies de paredes y techos calientes creando importantes volúmenes de vapor, evidentemente este vapor procederá a extinguir el fuego casi en segundos, ocurre que su aumento de volumen crea dentro del compartimiento presión positiva, el súbito aumento de temperatura causando serios riesgos para los Bomberos, quienes caerán víctimas de su accionar.

A diferencia el ataque 3D permite el acercamiento ya que se aplica agua a pulsaciones sobre la capa caliente de gases, el bombero pitonero controla la producción de vapor dependiendo de las pulsaciones eyectadas al espacio, de esta forma el brusco incremento de vapor no es posible, los Bomberos son sufren el aumento de las temperaturas por el contrario en al ambiente se produce una corriente de presión negativa sustentando el equilibrio termal, permitiendo aumentar la visibilidad y el acercamiento al fuego.

No obstante a esta técnica tenemos que sumar el equipo adecuado, se deben utilizar preferentemente pitones de bajo consumo conectados a líneas de diámetro menor (1  $\frac{3}{4}$ , 1  $\frac{1}{2}$  ) deben pulverizar finamente el chorro de niebla (cuanto mas pequeña la gota, mayor superficie de contacto, en este aspecto basa su tecnología el sistema IFEX 3000).

En estas condiciones de trabajo en fuegos confinados, la aplicación de técnicas de chorros directos o plenos, perturbaran el equilibrio termal, las capas supercalientes de la partes altas bajaran, se producirá un incremento de vapor, la visibilidad será nula, aumentara súbitamente la temperatura, produciendo en los bomberos importantes riesgos de quemaduras ya que los trajes estructurales de protección no pueden frenar

tal incremento de temperatura y asociado a este riesgo la falta de visibilidad colaborara en la desorientación del grupo, todo sucede muy rápidamente.

Las técnicas de aplicaciones en 3D pueden a su vez ser ofensivas o defensivas, por ejemplo, al ingreso a un compartimiento esta técnica la aplicaremos en forma defensiva, evitando y previniendo la producción de Flamovers, Flashovers o Backdrafts según el cuadro del lugar ; una vez dentro y en etapa de acercamiento pasaremos a la técnica ofensiva, debemos mantener el equilibrio termal dentro del cuarto y llegar hasta el foco de fuego para su extinción final.

Sin embargo el éxito de estas maniobras siempre dependerá de un entrenamiento intensivo, buen dominio de las técnicas, el equipamiento adecuado y que estén comprendidas dentro de los planes de acción operativos de los cuerpos de Bomberos.

Otros de los temas analizados fue el correcto funcionamiento de las bombas y sistemas de los autobombas en relación con el ataque en 3D, pues las pulsaciones que realiza el pitonero con los chorros de agua entrecortados pudiera dañar los sistemas hidráulicos. Un estudio realizado por los fabricantes certifico que gracias a los sistemas de alivio de presiones esta técnica no implicó mayores inconvenientes.

## **IMPORTANTE : TODAS LAS TECNICAS DE ATAQUE A UN FUEGO**

### **TIENEN SU CORRECTA APLICACION DEPENDIENDO DE LAS**

### **VARIACIONES PRESENTADAS POR EL INCENDIO.**

## **TECNICAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS DE MONTES BAJOS**

Los incendios de monte bajo comprenden los fuegos de pastizales, grama, siembras, matorrales y vegetación similar, exceptuando la vegetación selvática.

Los incendios de montes bajos tienen sus características tan particulares que lo hacen totalmente diferentes de otras formas de combatir incendios.

La topografía local, el tipo de combustible y el clima presentan problemas distintos. La experiencia local de las brigadas de combate y el análisis de su misión determinarán los métodos y técnicas que serán utilizados para combatir estos.

Una vez iniciado el incendio de monte bajo, la combustión es generalmente rápida y continua.

Existen muchos factores que afectan el comportamiento de este tipo de incendios pero los tres más importantes son el combustible, el clima y la topografía.

Cualquiera de estos tres factores pueden tener influencia dominante en el comportamiento de un incendio en particular, pero usualmente la fuerza combinada de los tres determinará la magnitud del incendio.

## COMBUSTIBLES

Los combustibles son generalmente clasificados en grupos de combustibles con características similares de combustión.

Este método clasifica los combustibles de los incendios de monte bajo en combustibles del suelo, de superficie y de crestas.

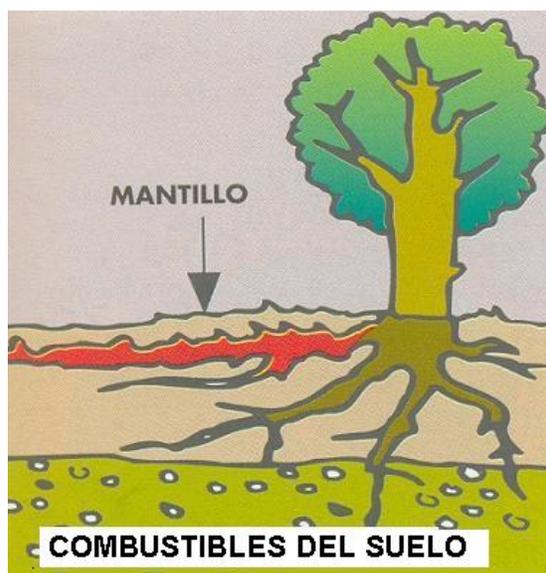
**Combustibles del suelo:** pequeñas ramas, hojas y viruta en descomposición en el suelo.

**Combustibles de superficies:** pasto, monte u otra vegetación baja. Vegetación muerta de superficie que incluye árboles caídos, leños pesados y cosas parecidas.

**Combustible de crestas:** combustibles suspendidos y verticales separados físicamente de los combustibles de suelo de tal forma que el aire pueda circular libremente alrededor de ello. Ocasionando que arda más libremente.

Varios factores afectan las características de combustión de ellos tales como:

- **Tamaño de los combustibles:** los combustibles pequeños y livianos arden más rápidamente.
- **Solidez:** los combustibles compactados fuertemente tales como los de suelo y superficie arden con mayor lentitud que los de crestas.
- **Continuidad:** cuando los combustibles están muy cerca se propaga el fuego más rápidamente debido al efecto de la transferencia de calor. Los combustibles por sectores se propagarán irregularmente o no se quemarán.
- **Volumen:** la cantidad de combustible presente en un área determinada. El volumen determinará la intensidad del fuego y la cantidad de agua necesaria para lograr la extinción.





### CONDICIONES METEOROLOGICAS

Todos los aspectos de las condiciones meteorológicas tienen algún efecto en el comportamiento de los incendios de monte bajo.

Algunos de estos factores son:

- **Viento:** que abanica las llamas, aumentando su intensidad y las proporciones de aire fresco que acelera la combustión. Incendios de mediano o gran tamaño pueden generar sus propios vientos.
- **Temperatura:** tiene sus efectos sobre el viento, está estrechamente ligada a la humedad relativa y afecta principalmente a los combustibles actuando como secador a largo plazo.
- **Humedad relativa:** el mayor impacto es sobre vegetales muertos que ya no tienen humedad propia.
- **Precipitación:** determina gradualmente el contenido de humedad de los combustibles vivos.

Mientras que los combustibles muertos livianos pueden secarse rápidamente, los combustibles muertos gruesos retendrán la humedad por más tiempo y arderán más lentamente.

### TOPOGRAFIA

La topografía se refiere a la superficie del terreno y tiene un efecto determinante en el comportamiento del fuego.

La inclinación de la pendiente afecta tanto a la velocidad como a la dirección de propagación.

El incendio se desplazará más rápidamente cuesta arriba que hacia abajo, y mientras más pronunciada sea la pendiente, más rápido se desplazará el fuego.

Otros factores topográficos que influyen sobre el comportamiento de los fuegos de monte bajo son los siguientes:

- **Orientación de la ladera:** es la dirección hacia donde se enfrenta la ladera incendiada. Una exposición completamente hacia el norte recibe directamente los rayos solares y por consiguiente recibe más calor. Los incendios de monte bajo comúnmente arden más rápido cuando la ladera está orientada hacia el

norte

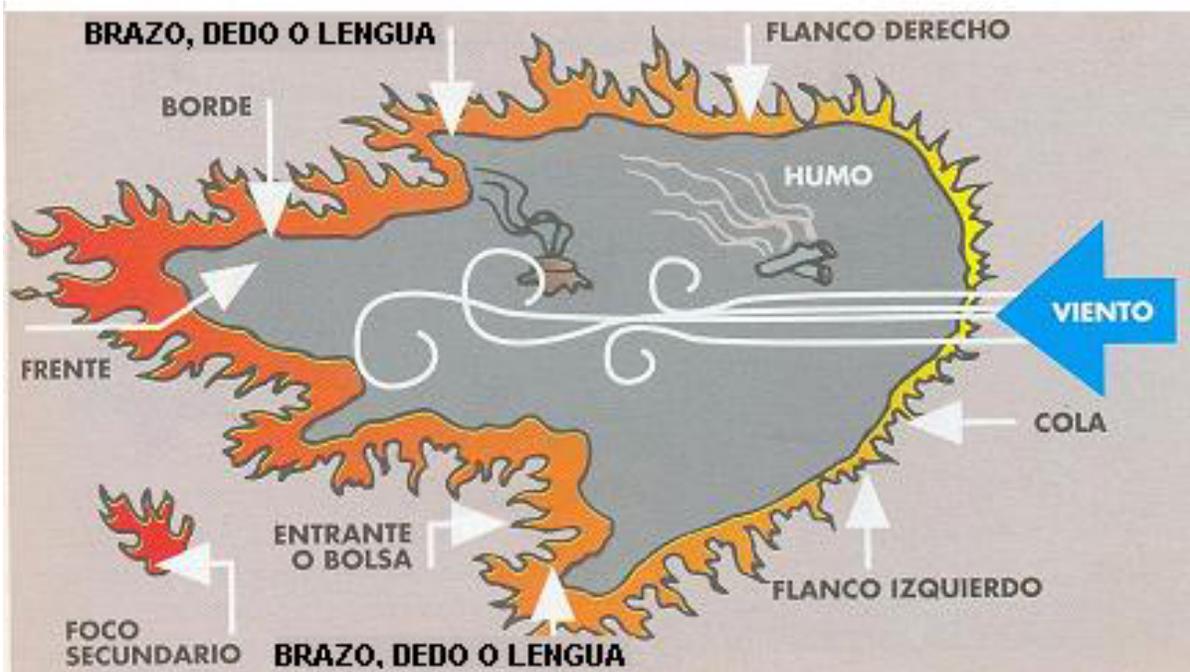
- **Configuración local del terreno:** afecta directamente el desplazamiento del aire. Obstrucciones tales como salientes del terreno, árboles e incluso rocas sobresalientes pueden alterar el flujo de aire y causar turbulencia o remolinos generando un comportamiento irregular del incendio.
- **Cañadas** u otras restricciones al flujo del aire generan un incremento a la velocidad del viento.

El desplazamiento del aire puede ser crítico en los cauces de quebradas pronunciadas. Estas características del terreno generan corrientes verticales turbulentas provocando un efecto de chimenea.

Los incendios en estas quebradas y hondonadas se propagan a una velocidad extremadamente rápida y son sumamente peligrosos.

## PARTES DE UN INCENDIO DE MONTE BAJO

Las partes de un incendio de monte bajo se muestran en la Figura



**Frente.** El frente es la parte de un incendio de monte bajo que avanza o se propaga más

rápidamente.

Generalmente se encuentra del lado del incendio opuesto a la dirección donde sopla el viento.

Las llamas arden intensamente y generalmente causan los mayores daños. La clave para controlar el incendio está en controlar el frente y evitar la formación de uno nuevo

**Brazos.** Los brazos son largas y angostas franjas que se apartan del fuego principal. Generalmente se presenta cuando las llamas alcanzan un área que tiene combustibles livianos y pesados en parches.

El combustible liviano se quema más rápidamente que los combustibles pesados, lo que le da la forma de brazo.

Cuando no se controlan estos brazos se forman nuevos frentes

**Cola.** La cola o parte posterior de un incendio de monte bajo es el lado opuesto al frente. Generalmente arde lentamente y con tranquilidad y es fácil de controlar.

La mayoría de las veces puede, encontrarse la cola ardiendo cuesta abajo o contra el viento

**Flancos.** Los flancos son los laterales de un incendio de monte bajo. Los flancos derechos e izquierdo separan el frente de la cola.

Es a partir de estos flancos que se forman los brazos, lo que destaca la importancia de ser controlados. El cambio repentino en la dirección del viento puede convertir un flanco en el frente.

**Perímetro.** El perímetro de un incendio de monte bajo son los márgenes del fuego.

Es la longitud total del borde exterior de áreas en llamas quemadas. Obviamente el perímetro cambia constantemente hasta que se extinga el incendio.

**Nuevos focos del incendio (Focos secundarios).** Es un incendio originado por chispas o brazas que se elevan y aterrizan fuera del incendio principal.

Los focos de fuego representan un peligro para el personal y equipo que trabaja en el incendio principal porque podrían quedar atrapados entre ambos incendios

Estos deben ser extinguidos rápidamente o formarán un nuevo frente y continuará creciendo en tamaño.

El método usado para combatir los incendios de monte bajo se basan en el control perimetral. La línea de control puede situarse en el borde del incendio, próximo a él o retirado a una distancia considerable.

El objetivo es el de establecer cortafuegos que encierren completamente el incendio y que todo el combustible se quede encerrado y se agote inofensivamente.

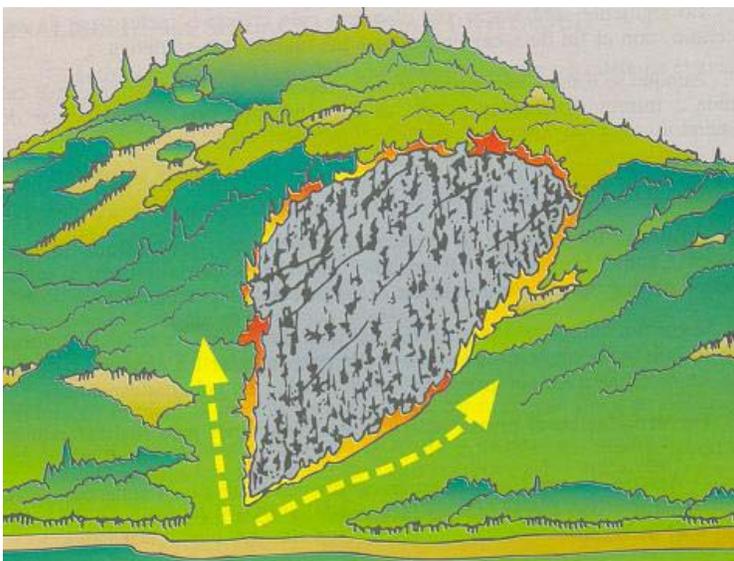
Las aproximaciones directas e indirectas son los métodos de ataque básicos para incendios de monte bajo

El método directo son las acciones que se emprenden directamente contra las llamas.

El método indirecto consiste en la aplicación de técnicas de control a diferentes distancias del fuego que avanza para detener su propagación y se utilizan generalmente en incendios que son "muy calientes", "muy rápidos" o "muy grandes".

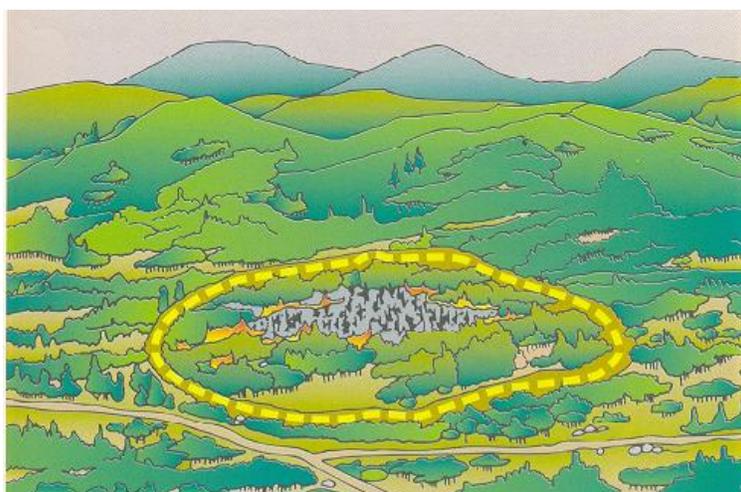
En vista de que los incendios de monte bajo cambian constantemente, es muy posible que se inicie con un método de ataque y se finalice con otro.

Se debe evaluar la situación continuamente durante el incendio de modo que los ajustes puedan efectuarse oportunamente.



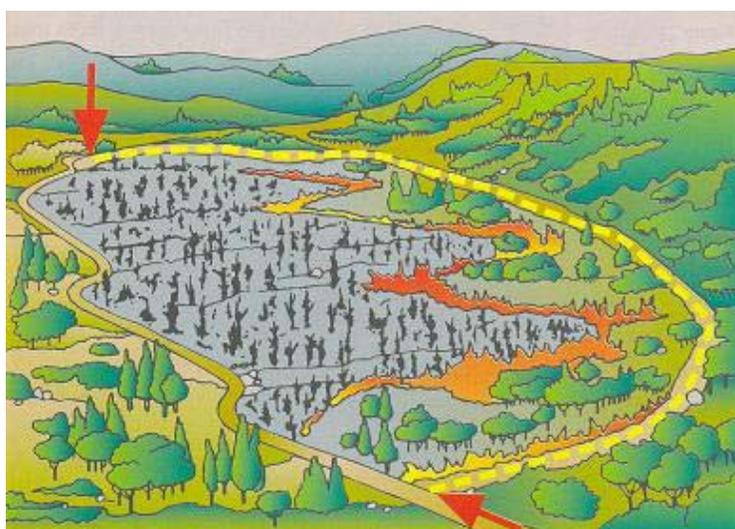
Incendio demasiado grande para controlarlo con una sola cuadrilla.

Se da ataque directo por los flancos y se piden refuerzos para dar ataque por el frente del incendio.

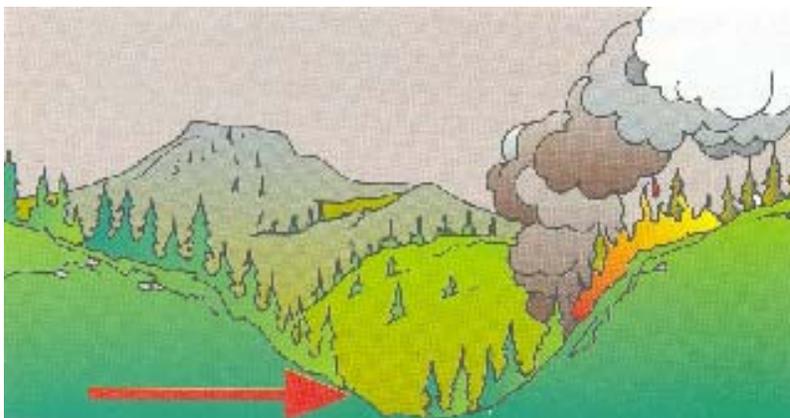


Incendio en pendiente moderada. Se abre una línea de defensa por el frente, lo más cerca posible del borde.

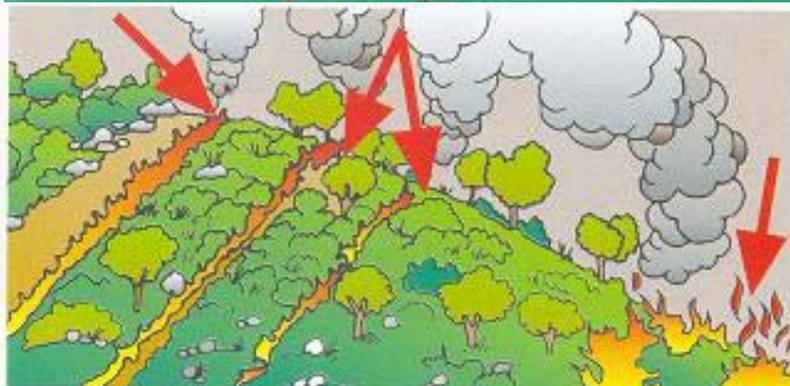
Luego se va rodeando. Cuando el calor lo permita, se da ataque directo.



Incendio de contorno muy irregular. Se abre una línea de defensa encerrando los brazos del incendio y se quema desde la línea hacia el frente.



Incendio que baja por una cuesta. Se abre una línea de defensa al otro lado de la garganta.



Contra fuegos auxiliares: el contra fuego, a veces, no avanza fácilmente hacia el incendio. Se puede provocar quemas auxiliares que atraigan el contra fuego.

Las reglas esenciales que deben seguir los bomberos están contenidas en los "Diez Mandamientos para el Combate de Incendio" del Servicio Forestal de Estados Unidos.

### **"DIEZ MANDAMIENTOS PARA EL COMBATE DE INCENDIO"**

1. Manténgase informado sobre las condiciones meteorológicas del incendio y los pronósticos.
2. Conozca lo que hace el incendio todo el tiempo; observe personalmente y por medio de exploradores
3. Funde todas sus acciones al comportamiento actual y esperado del incendio.
4. Tenga rutas de escape para todos y hágaselas conocer.
5. Ubique un observador cuando exista posible peligro.
6. Esté alerta, mantenga la calma, piense claramente y actúe decisivamente.
7. Mantenga comunicación explícita con su personal, su jefe y los grupos de apoyo.
8. Dé instrucciones claras y asegúrese que fueron entendidas.
9. Mantenga el control del personal todo el tiempo.
10. Combata el incendio agresivamente, pero antes tome medidas de seguridad.

El combate de incendios de monte bajo es un oficio muy peligroso.

Muchos bomberos han fallecido o han sido lesionados severamente tratando de controlar estos incendios.

Analice detalladamente la situación y luego haga lo que parece más correcto.

**RECUERDE:**

**LA SEGURIDAD DEL PERSONAL Y EQUIPOS SIEMPRE VA PRIMERO.**