

Agentes extintores



1. MECANISMOS DE EXTINCIÓN

Los mecanismos de extinción se basan en hacer desaparecer o disminuir los efectos de los factores del incendio que conforman el tetraedro de fuego: combustible, comburente, energía de activación (calor) y reacción en cadena.

1.1. DESALIMENTACIÓN O ELIMINACIÓN DEL COMBUSTIBLE

Consiste en la retirada parcial o total del combustible, siempre que la velocidad de retirada del mismo sea mayor que la velocidad de propagación del fuego. Cuando se logra disminuir la **concentración de combustible** para que los vapores generados queden por **debajo del LII** se denomina **dilución**. En este caso se rebaja la concentración de combustible y no de comburente.

Es posible desalimentar o eliminar el combustible de dos formas:

- Directa. Se separan físicamente los combustibles del foco del incendio (por ejemplo, se separa un palé de otro que está ardiendo) o se interrumpe el flujo de fluidos a través de tuberías cerrando las llaves de paso para evitar que la fuga permita la salida de gases o líquidos al exterior.
- Indirecta. Se dificulta la propagación del incendio refrigerando otros combustibles que se encuentran en el área de influencia del foco o interponiendo elementos incombustibles que dificulten que estos entren en combustión.

Dilución del combustible

Se lleva a cabo únicamente en combustibles **líquidos**. Para que se pueda hacer, el combustible que se va a diluir debe poderse **mezclar con el agua (polar)**. En caso contrario el líquido se propagará (y con él el fuego) hacia otros lugares hasta ese momento no afectados.

De esta forma, y ciñéndonos a la teoría del fuego, lo que se consigue es que los vapores que emanan del combustible calentado estén por debajo del límite inferior de inflamabilidad, y así desaparece el riesgo de incendio.

1.2. SOFOCACIÓN O ELIMINACIÓN DEL COMBURENTE

Consiste en eliminar o desplazar el **comburente**. También se puede separar el comburente de los productos en combustión o reducir la concentración del comburente (en el caso del oxígeno, por debajo del 15%).

Se trata de impedir que los vapores combustibles entren en contacto con el comburente, o bien que la concentración de este sea tan baja que no permita la combustión.

Este método de extinción se puede realizar de dos formas diferentes:

- Separación completa del comburente.
- Dilución del oxígeno.

1.2.1. SEPARACIÓN COMPLETA DEL COMBURENTE

Se realiza una separación completa del comburente u oxidante del combustible. Esto se consigue recubriendo el combustible que se encuentra ardiendo para impedir su contacto con el aire y lograr que no siga la reacción. En este caso se recubre el combustible con arena, espuma, polvos, o simplemente con la tapa de una sartén.

1.2.2. DILUCIÓN DEL OXÍGENO

Se realiza una dilución del oxígeno presente en la atmósfera que rodea al fuego. Un ejemplo claro de esto es cuando en una zona cerrada se aplica agua pulverizada, con lo que se logra no sólo que el litro de agua se enfríe, sino que este litro de agua en estado líquido se convierta en 1770 litros de vapor de agua. El volumen que ocupa ese vapor de agua se lo quita al oxígeno; o mejor dicho, desplaza al oxígeno del aire que alimentaba las llamas.

A este método de dilución del oxidante se le denomina también **inertización**. Se denomina así cuando para realizar este cometido se utilizan gases inertes como el dióxido de carbono, halones (actualmente en desuso), nitrógeno, etc. El objetivo en este método no es acabar por completo con el oxígeno, sino hacer que su proporción se reduzca por debajo de la concentración necesaria para que la combustión evolucione y se mantenga.

La inertización se logra disminuyendo e incluso eliminando la cantidad o concentración de comburente. Si durante la combustión hay producción de oxígeno, este método no es efectivo. Este sistema y el anterior están ligados y es de uso común denominar inertización a la acción preventiva consistente en la dilución del comburente previa a la iniciación del fuego. Se considera como inertización el mecanismo de extinción que genera una zona de comburente diluido y sofocación al que genera una zona sin renovación de comburente.

1.3. ENFRIAMIENTO

Consiste en eliminar el calor para reducir la temperatura del combustible por debajo de su punto de ignición (o de encendido), con lo que se evita que se desprendan gases inflamables.

Se consigue lanzando agua (es el agente que mayor enfriamiento produce, fundamentalmente en su paso de fase líquida a vapor, al absorber 540 calorías por cada gramo de agua) adecuadamente sobre las superficies calientes.

Es el método más empleado y suele ir acompañado de ventilación controlada, siempre y cuando el aporte de comburente sirva para rebajar la temperatura y eliminar humo y gases en la atmósfera, sobre todo en los niveles bajos, reduciendo el peligro de explosión por acumulación de vapores.

También tienen cierto efecto de refrigeración (aunque mucho menor que el agua) el CO₂, los halones y, en menor medida, el polvo antibrasa ABC.

1.4. INHIBICIÓN O ROTURA DE LA REACCIÓN EN CADENA

También llamada acción catalítica negativa, esta acción consiste en provocar la ruptura de la reacción en cadena mediante la desactivación de los radicales libres, que son los que originan la reacción en cadena. Se interrumpe la reacción en cadena de la combustión mediante la inyección de compuestos capaces de inhibir la producción de radicales libres durante su periodo de vida. De este modo se impide la transmisión de calor entre las moléculas.

En la combustión los radicales libres son ocupados por el oxígeno, que va oxidando todas las moléculas. Cuando se proyectan agentes como halones o polvo seco, estos ocupan el radical libre impidiendo que lo haga el oxígeno, lo que evita la oxidación y por tanto la reacción en cadena.

Se trata de un método muy eficaz, pero que no es aplicable a fuegos que no tienen llama (incandescentes o de brasas). Los elementos utilizados para este método son compuestos químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores combustibles, neutralizándolos. Suelen utilizarse halones y polvo químico seco.

2. AGENTES EXTINTORES

2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Por agente extintor entendemos el producto que, aplicado sobre el fuego, provoca la extinción del incendio cuando actúa sobre uno o más de los componentes del tetraedro de fuego para eliminarlos.

No hay que confundir con el extintor, que no es más que el envase que contiene el agente. Hay que tener presente que en la extinción de un incendio inciden numerosos y variados factores, por lo que no se puede decir a priori cuál es la táctica y el agente adecuado. Será la experiencia y el estudio de todos esos factores lo que indicará los objetivos a perseguir.

Los agentes extintores se clasifican en tres grupos, en función del estado de agregación en que se encuentren en el momento de su utilización.

2.2. AGENTES EXTINTORES LÍQUIDOS

2.2.1. AGUA (CARACTERÍSTICAS Y MECANISMOS DE EXTINCIÓN)

Características y propiedades

- En estado natural es un líquido incoloro, inodoro e insípido, que hierve a 100° C desprendiendo vapor y se hiela a 0° C. Alcanza su máximo volumen a 4° C.
- Tiene un alto calor latente de vaporización (540 cal / gr), un calor latente de fusión de 80 cal / gr y un



Imagen 24. Agua

calor específico de 1 cal / ° C. Si por ejemplo se quiere vaporizar un litro de agua en estado líquido a 15° C, se deben suministrar 85 kilocalorias para que se encuentre a 100° C y en estado líquido; y para poder conseguir su evaporación total se debe suministrar 539 Kilocalorias más.

- Es muy pesada. Su densidad es de 1 Kg/litro = 1 gr/cm³.
- Cuando se evapora aumenta su volumen entre 1.500 y 1.700 veces (según algunas bibliografías un litro de agua produce 1880 litros de vapor de agua).
- Su gran capacidad como disolvente. El agua es capaz de disolver muchos productos de combustión (cenizas) de forma que puede alcanzar el núcleo de la combustión.
- La escasa variación de su viscosidad con la temperatura permite que pueda bombearse con facilidad y conducirse a través de mangueras y tuberías con un margen de temperatura desde 1° C hasta 99° C.
- Su elevada tensión superficial a temperatura ordinaria le permite comportarse como un chorro sólido o como gotas finas, llamadas también "niebla".
- Su densidad razonablemente elevada confiere una cierta masa a los chorros proyectados con boquillas, lo que consigue una gran penetración.
- Su alta estabilidad molecular evita la ruptura o disociación del agua hasta temperaturas de aproximadamente 1.650° C, temperaturas superiores a las que normalmente tiene la llama.
- Temperatura crítica: 374 ° C.



Es el agente extintor más conocido, más abundante, más empleado y más barato. Su uso es muy sencillo y se remonta a tiempos muy antiguos.

Mecanismos de extinción

- Enfriamiento: el agua actúa principalmente por enfriamiento, debido a su elevado calor latente de vaporización y a su calor específico. Por eso roba gran cantidad de calor a los incendios. A menor tamaño de gota e igualdad de volumen, mayor será la superficie de contacto de sus moléculas (una esfera de un volumen determinado tiene menor superficie que dos que sumen su mismo volumen), y por tanto su capacidad de enfriamiento, a la par que disminuirá su conductividad eléctrica. Cuanto más vaporizada se aplica más enfría. Sólo es efectiva sobre líquidos inflamables cuyo punto de inflamación sea superior a 38° C.
- Sofocación: actúa por sofocación y logra desplazar el oxígeno que rodea al fuego debido al aumento de volumen que experimenta.
- Desalimentación: en el caso de combustibles líquidos hidrosolubles actúa

también por dilución del combustible o desalimentación, al reducir la concentración de combustible.

2.2.2. AGUA NEBULIZADA

Los sistemas de agua nebulizada optimizan la utilización del agua mediante su división en gotas de niebla. Con esto se consigue maximizar la superficie de intercambio de calor más aún que en el agua pulverizada, lo que facilita la refrigeración y la evaporación.

Para conseguir esta fina división se utilizan unas boquillas especialmente diseñadas y presiones de trabajo entre 4 y 200 bares.

2.2.3. AGUA CON ADITIVOS

Los aditivos (compuestos que se añaden al agua para mejorar sus propiedades físicas) que se emplean para mejorar la eficacia extintora se describen a continuación.

a) Humectantes o aligerantes

También llamados agua mojada, húmeda o pesada. Su principal misión es reducir la tensión superficial del agua para lograr mayor poder de penetración. Son muy eficaces en incendios sólidos, ya que aumentan la superficie de agua en contacto con el fuego y logran penetrar para rebajar su temperatura interior.

b) Espesantes o viscosantes

Consiguen aumentar la viscosidad del agua (se aumenta su tensión superficial), por lo que tarda más en escurrirse al disminuir su capacidad de fluir. Últimamente se están empleando estos productos en la lucha contra incendios forestales y para que el agua flote sobre líquidos inflamables insolubles. El agua con espesantes se adhiere y se fija más al material en ignición y forma una capa continua de mayor espesor sobre la superficie del combustible. Estos aditivos, que son tóxicos, pueden llegar a transformar el agua en un gel de elevada adherencia.

La fluidez de la mezcla del agua varía desde la propia de las gelatinas delgadas o los fluidos diluidos y espesos como jarabe hasta la de los fluidos fangosos.

c) Agua con boratos

Es una variedad del agua con espesantes o agua ligera, a base de boratos cálcicos y de sodio. Se denomina también lechada de agua y se utiliza principalmente en fuegos forestales.

Cuando se descarga en fuegos forestales, el agua se adhiere a todo aquello con lo que entra en contacto. Al calentarse el agua se evapora, tras lo cual los cristales de borato restantes pierden su agua de hidratación y se esponjan mientras se escapa el vapor. Al continuar calentándose

estos cristales se derriten y adquieren una forma vidriosa dura. Así retienen el agua y evitan que se escurra.

Los boratos poseen propiedades químicas de retardo de la llama, además de proporcionar un recubrimiento aislante térmico. No sólo extinguen los fuegos, sino que además evitan que se propaguen a través de una zona previamente inundada. Presentan el inconveniente de que asientan muy deprisa, por lo que es conveniente usarla rápidamente tras su elaboración.

d) Agua con modificadores de flujo

Son productos que disminuyen las pérdidas de presión por fricción que experimenta el agua durante su conducción a elevada velocidad a través de mangueras y tuberías.

Estas pérdidas de presión en las canalizaciones se deben principalmente a dos motivos:

- La fricción entre el agua y las paredes de la manguera (que supone un 10% de la pérdida total).
- El flujo turbulento en el interior de la manguera cuando el agua circula a elevadas velocidades (que supone aproximadamente el 90% de pérdida de presión total).

El aditivo que se utiliza es el óxido de polietileno, que hace que el agua fluya de una forma no turbulenta por el interior de un circuito, por ejemplo una manguera contra incendios.

Disolviendo cuatro litros de óxido de polietileno en 23000 litros de agua, se logra aproximadamente un 70% de incremento de flujo en una manguera. Además estos aditivos también duplican la presión final en la boquilla del extremo de la manguera.

A estos aditivos poliméricos del agua se les denomina también agua rápida. Existen diversos sistemas para inyectar estos aditivos al agua, ya sea en forma de pasta concentrada o mediante mecanismos automáticos que lo adicionan en relación de uno a 6000. Las disoluciones de este compuesto facilitan la descarga de grandes cantidades de agua en un riesgo de incendio mediante mangueras con tamaños más pequeños y manejables, sin renunciar a las presiones de las boquillas y a las cantidades de agua.

e) Agua con modificadores de densidad

Existen dos formas de modificar la densidad del agua. Una de ellas supone la adición de aire al agua para formar una espuma aérea semiestable, más ligera que la mayoría de los líquidos combustibles e inflamables (espumas). La otra supone añadir al agua un agente emulsificante capaz de mezclarse con la capa superior del líquido en combustión para formar una emulsión de agua y combustible flotante no inflamable.

Cuando se añaden al agua cantidades pequeñas de detergentes sintéticos, la tensión superficial del agua desciende notablemente (como ocurre con los agentes humectantes). Cuando estas disoluciones detergentes se pulverizan o se dirigen hacia combustibles inflamables, se mezclan rápida-

mente con ellos para producir una suspensión del líquido en la disolución de detergente. Esto disminuye la presión de vapor del combustible hasta un punto en el que la cantidad de vapor desprendida es menor que el límite inferior de inflamabilidad, lo que detiene su combustión.

2.2.4. ESPUMA (CARACTERÍSTICAS Y MECANISMOS DE EXTINCIÓN)

Las normas que regulan las distintas espumas son:

UNE 23.603. Espumas físicas extintoras.

UNE 23.600. Agentes extintores de incendios. Clasificación.

UNE EN 1568. Agentes extintores. Concentrados de Espuma. (La más actual)

En este manual no se detallarán las espumas químicas ya que están en desuso.



Imagen 25. Espuma

a) Espumas físicas

Las espumas son masas de burbujas rellenas de gas (aire) que se forman al combinar un espumógeno (estabilizador), agua y aire y cuya densidad relativa es menor a la del más ligero de los líquidos inflamables.

- **Espumógeno.** Agente emulsor. Concentrado líquido tensoactivo (que reduce la tensión superficial del líquido) que, disuelto en agua en la proporción adecuada, es capaz de producir soluciones espumantes generadoras de espuma mediante la incorporación de aire u otro gas de utilidad en la extinción de incendios.
- **Espumante.** Mezcla de espumógeno y agua. Emulsión o mezcla de dos líquidos insolubles entre sí de tal manera que uno de ellos se distribuye en pequeñas partículas en el otro.
- **Espuma.** Mezcla de espumante y aire. Es un agente extintor formado por un aglomerado estable de burbujas obtenido a partir del espumante por incorporación de aire u otro gas en un equipo apropiado.

Características y propiedades

- Cohesión o adherencia entre las diferentes burbujas para conseguir una capa resistente.
- Estabilidad o capacidad de retención del agua con el fin de conseguir el adecuado grado de enfriamiento. Se expresa mediante el tiempo de drenaje.
- Fluidez que le permite extinguir rápidamente un fuego al salvar cualquier elemento que obstaculice su extensión o desplazamiento.

- Resistencia al calor que le permite resistir los efectos del propio fuego o elementos calientes, como las paredes de un tanque, sin degradación importante de la capa.
- Resistencia a ser contaminada por el propio combustible, lo que podría llevar a la destrucción de la capa al arder el combustible captado.
- Resistencia a los combustibles polares en cuanto estos son capaces de extraer, por disolución, el agua presente en la espuma, destruyendo la capa formada. La mayoría de las espumas, excepto tipos especiales como la AFFF, se ven afectadas por los combustibles líquidos de tipo polar, al ser un producto cuya base principal es el agua. En todo caso presentan mayor resistencia a la acción de estos líquidos que el agua.
- Toxicidad nula o muy ligera. Determinados espumógenos pueden producir irritación que se suele eliminar por simple lavado con agua.
- Todas las espumas presentan una cierta conductividad eléctrica, normalmente mayor cuanto menor es su grado de expansión, por lo que no se deben utilizar en presencia de equipos con tensión, salvo determinadas aplicaciones especiales.
- Incompatibilidad con ciertos agentes (principalmente los polvos extintores), que pueden descomponerlas instantáneamente.
- No son compatibles con otros espumógenos de diferentes tipos (no se pueden mezclar), aunque sí pueden ser compatibles con las espumas obtenidas de ellos.



La espuma es el principal agente extintor para líquidos inflamables o combustibles B.

Mecanismos de extinción

- **Sofocación:** el principal efecto que consiguen las espumas es separar el combustible del oxígeno en la superficie del combustible. Por tanto, el método principal de actuación de las espumas es por sofocación, evitando además el desprendimiento de vapores inflamables y tóxicos procedentes del combustible. En el caso de las espumas de alta expansión el efecto de sofocación se consigue porque desplaza totalmente el aire, al ocupar la espuma todo el volumen del recinto.
- **Enfriamiento:** al ser agua uno de los componentes también actúa por enfriamiento, bajando la temperatura del combustible y de las superficies metálicas (por ser buenos conductores térmicos) que están en contacto con el mismo.

Si la espuma posee suficiente estabilidad (capacidad de retención del agua) evita que el combustible vuelva a incendiarse.

Las espumas se obtienen mezclando de forma mecánica un espumógeno, agua y aire.

Los espumógenos que forman las espumas físicas se pueden clasificar:

- Según su expansión.
- Según la naturaleza de los componentes.
- Según su función extintora.

1) Según su expansión

La relación entre el volumen final de espuma obtenida y el volumen original de espumante que la produce se llama coeficiente o radio de expansión (depende del espumógeno y del equipo utilizado en la producción de espuma). Su valor numérico coincide con la inversa de la densidad específica de la espuma.

Según la normativa **UNE EN 1568**, en función de su valor numérico o coeficiente de expansión las espumas pueden ser:

- Baja expansión (<20): bastante densas y con alto contenido en agua. Mismo alcance que el agua.
- Media expansión (20-200): se obtienen grandes volúmenes que llenan grandes superficies. Tiene un alcance menor que el agua (5 - 6 metros).
- Alta expansión (>200): espumas muy ligeras que llenan rápidamente grandes espacios.

La norma **UNE 23603** clasifica los espumógenos como:

- Baja expansión: aquellos cuyo coeficiente de expansión está comprendido entre 3 y 30.
- Media expansión: aquellos cuyo coeficiente de expansión está comprendido entre 30 y 250.
- Alta expansión: aquellos cuyo coeficiente de expansión está comprendido entre 250 y 1000.

La norma **UNE 23600** clasifica los espumógenos como:

- Baja expansión: aquellos cuyo coeficiente de expansión está comprendido entre 2 y 20.
- Media expansión: aquellos cuyo coeficiente de expansión está comprendido entre 20 y 200.
- Alta expansión: aquellos cuyo coeficiente de expansión es superior a 200.

2) Según la naturaleza de sus componentes

- **De base proteínica**
 - Proteínicas: se obtienen por hidrólisis de proteínas naturales de origen animal (cuernos, pezuñas, pelos, etc.) Generalmente son de baja expansión y en la actualidad están en desuso. No suelen ser compatibles con los polvos extintores, ni permiten combatir fuegos de combustibles polares.
 - Fluoroproteicas (FFFP): suelen ser compatibles con los polvos extintores, pero no son aptas para combatir combustibles polares.

- **De base sintética**

En ellos los tensoactivos (espumógenos) son de base sintética (detergentes).

- Sintéticos: capaces de retener el agua por más tiempo, dan mayor estabilidad frente al calor y en el contacto con hidrocarburos. Son espumógenos de alta expansión, como el B-330.
- Fluorosintéticos: sus tensoactivos son sintéticos fluorados. Son generalmente de baja expansión.
- Formadores de película acuosa (AFFF): contienen unos componentes fluorados de propiedades especiales que forman una delgada película acuosa sobre el hidrocarburo e impiden su contacto con el aire. Son de baja expansión (polivalentes) y se emplean con surtidores convencionales.

3) Según su función

- Para hidrocarburos.
- Para líquidos polares (líquidos con punto de ebullición muy bajo – antialcohol – no se disuelven en alcoholes).
- Polivalentes para todo tipo de combustibles líquidos (polares y no polares).

b) Espumas hidrocarburos halogenados

Los hidrocarburos halógenos líquidos se comportan ante el fuego igual que sus equivalentes en fase gaseosa.

Diversos problemas, derivados sobre todo de la formación de productos tóxicos en la descomposición química de materias producidas por una elevación de la temperatura sin reacción con el oxígeno, han provocado que su uso esté prohibido en muchos países.

2.3. AGENTES EXTINTORES SÓLIDOS (CARACTERÍSTICAS Y MECANISMOS DE EXTINCIÓN)

Son aquellos que están compuestos por sustancias en estado sólido o pulverulento (sales inorgánicas finamente pulverizadas), y que cuando se proyectan sobre materiales en combustión pueden llevar a cabo su extinción a través de diferentes métodos.

El polvo extintor está formado generalmente por varias sales (metales alcalinos, bicarbonato sódico, bicarbonato potásico, bicarbonato de urea-potasio, cloruro potásico o fosfato amónico) a las que se les agrega aditivos como fosfato tricálcico o siliconas para mejorar sus características de almacenamiento, evitar que se apelmacen y mejorar su fluidez, además de permitir la formación de costras.

La mezcla de polvos que se emplea como agente extintor se aplica por medio de extintores portátiles, monitores, mangueras manuales o sistemas fijos.

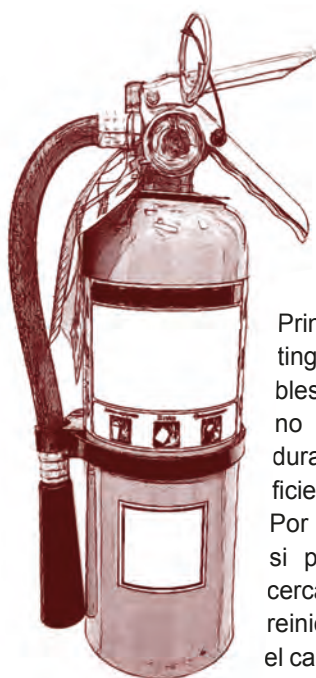
Características y propiedades

- Los polvos extintores se aplican siempre en forma de polvo muy fino (25 a 30 micras/partícula), con lo que tienen grandes áreas superficiales específicas. Un extintor de polvo de 13,5 Kg. contiene un polvo con un área superficial global del orden de 4.500 m². Buscan la máxima fluidez y la máxima división en finas partículas de igual dimensión, sin que exista atracción electrostática entre las partículas ni bacteriológica entre los aditivos.
- Son dieléctricos a bajas tensiones
- Son estables a temperaturas inferiores a 50° C

Mecanismos de extinción

- Inhibición: actúan primariamente por inhibición o acción catalítica negativa (rotura de la reacción en cadena), combinándose con los radicales libres e impidiendo que estos continúen la combustión. Excepto en el caso de los de tipo D o especiales, que trabajan sólo por sofocación.
- Sofocación: actúan secundariamente por sofocación, al desplazar el oxígeno del aire de la zona de combustión y crear una costra de carbonato sódico que impide la aportación de O₂. Esto ocurre con relevancia en el caso del ABC y sobre todo en los extintores de tipo D o especiales.
- Enfriamiento: puede actuar por enfriamiento, pero el resultado es despreciable.

2.3.1. POLVOS CONVENCIONALES BC



También denominados polvos químicos secos o polvos BC. El principal método de extinción por el que actúan es el de inhibición, aunque también actúan sofocando cuando el bicarbonato sódico entra en contacto con el fuego (CO₂).

Principalmente se usan para extinguir fuegos de líquidos inflamables y de gases. Los polvos secos no producen atmósferas inertes duraderas por encima de la superficie de los líquidos inflamables. Por esta razón debe preverse que si persisten fuentes de ignición cercanas al combustible podría reiniciarse la combustión. Este es el caso de combustiones incandescentes o de brasas.

Los agentes extintores de este tipo están compuestos por carbonato potásico, bicarbonato potásico, bicarbonato sódico y cloruro potásico. Cada uno de ellos confiere al agente unas determinadas características, que son:

- Bicarbonato sódico y bicarbonato potásico: el polvo químico seco se encuentra constituido fundamentalmente por bicarbonato sódico o potásico, que se mezcla con diversos aditivos que lo hacen hidrófugo (impiden la absorción de humedad). Esta característica es fundamental para que puedan salir por las lanzas, evitando que el polvo se apelmace y forme grumos que obturarían las boquillas de impulsión. Se utiliza para fuegos clase B y C y fuegos con presencia de tensión eléctrica hasta una tensión de 1000 voltios. Su uso no es eficaz en fuegos de la clase A. Este agente extintor no se puede utilizar con espuma porque se inutilizaría al reaccionar químicamente.
- Carbonato Potásico: este polvo es más efectivo que el bicarbonato sódico y el bicarbonato potásico. Su efectividad procede de añadir al bicarbonato potásico la urea. Este compuesto genera una serie de reacciones más potentes y eficaces que el bicarbonato potásico por sí solo.

2.3.2. POLVOS POLIVALENTES ABC

También denominados antibrasa o polvos ABC. Como su propio nombre indica, son también efectivos en fuegos de la clase A, superficiales y profundos.

Este agente extintor está formado por fosfatos, sulfatos y sales amónicas. La diferencia de este polvo con el químico seco es la agregación del fosfato monoamónico (PO₄H₂NH₄). Esta sal o fosfato monoamónico se descompone por las altas temperaturas y queda como una capa pegajosa resistente sobre la superficie del material combustible, impidiendo que el oxígeno siga alimentando las llamas. Es una buena forma de actuar por sofocación.

El ácido metafosfórico es un residuo pegajoso resultante de la descomposición de materiales sólidos por el efecto del calor al usar el polvo polivalente ABC. Este residuo sella las brasas, aísla el material incandescente del oxígeno y consigue un efecto extintor que no logran otras clases de polvo.

2.3.3. POLVOS ESPECIALES

Es por todos conocidos la problemática que generan los fuegos de metales, sobre todo si se encuentran finamente divididos. Los fuegos de Clase D presentan muy diversas posibilidades de desarrollo (por ejemplo, la combustión del magnesio puede desarrollarse en atmósferas de dióxido de carbono (CO₂) o de nitrógeno (N₂) y hacen inútiles los agentes extintores convencionales para lograr su control o su extinción, incluso ofrece graves riesgos de empleo. Por ejemplo el uso de agua o halones es peligroso en la extinción de fuegos de magnesio.

Además las propiedades de los metales combustibles hacen que sean diferentes sus tipos de combustión, por lo que es preciso considerar de forma particular las características de cada combustión para extinguirla de la forma apropiada. Incluso un agente adecuado para ciertos fuegos Clase D puede resultar peligroso cuando se emplea sobre el fuego de otro metal.

Los polvos especiales son productos químicos (mezclas de sales) diseñados específicamente para extinguir fuegos de metales, pero cada uno es adecuado para un tipo de fuego. Están compuestos por grafito pulverizado y carbón mineral, en función del material a extinguir. Los polvos especiales más comunes son:

- Polvo G1 o pireno
- Metal Guard
- Met- L-X
- Na X
- Lith-X

2.4. AGENTES EXTINTORES GASEOSOS (CARACTERÍSTICAS Y MECANISMOS DE EXTINCIÓN)

Estos agentes se almacenan en estado líquido debido a la presión a la que se envasan, y cuando se utilizan pasan a estado gaseoso. Como todos los gases penetran en todos los lugares con gran facilidad, pero esta característica también puede ser contraproducente si se utilizan en el exterior o en zonas en las que haya una determinada presión ambiental. Los más habituales son el nitrógeno, el dióxido de carbono, los hidrocarburos halogenados y otro tipo de gases inertes.

2.4.1. NITRÓGENO N_2

Antes apenas se utilizaba, principalmente porque al extinguir los fuegos producía cianógeno y peróxido de nitrógeno, ambos muy tóxicos y que podían causar más víctimas. Hoy en día se utiliza con más frecuencia.

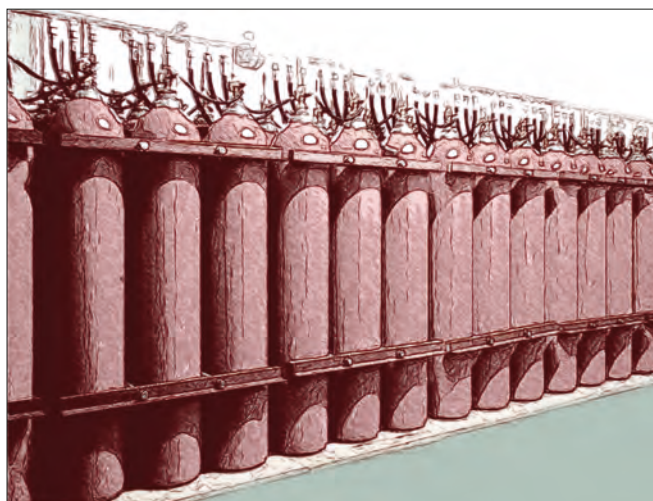


Imagen 27. Gas

Características y propiedades

- Es un gas incoloro, inodoro e insípido.
- Es muy estable a las altas temperaturas que se dan en los incendios (de 700 °C a 1.330 °C).
- No es tóxico pero sí asfixiante, pues desplaza el oxígeno atmosférico actuando por sofocación.

Mecanismos de extinción

El mecanismo primario es por sofocación, ya que desplaza el oxígeno y rebaja su concentración. El mecanismo secundario es por inhibición y enfriamiento.

2.4.2. DIÓXIDO DE CARBONO O ANHÍDRIDO CARBÓNICO CO_2

Es el agente extintor gaseoso más utilizado.

Características y propiedades

- Es un gas de bajo coste.
- A temperatura ambiente es incoloro, inodoro e insípido.
- Es fácilmente licuable (por compresión y enfriamiento) y se transporta y almacena en recipientes a presión (botellas por debajo de 31 °C).
- Al extraerlo de los recipientes se convierte en gas y absorbe gran cantidad de calor (se descarga a temperaturas inferiores a -40 °C). Al expandirse se convierte en nieve a -79 °C.
- Pesa 1,5 veces más que el aire (tiene un 50% más de densidad que el aire).
- Es dieléctrico.
- Utiliza su propia presión para conducirse por tuberías.
- A volumen constante, la presión varía con la temperatura.
- No es corrosivo.
- No deja residuos.

Mecanismo de extinción

- **Sofocación:** mecanismo primario, al desplazar el aire o al diluir el oxígeno a concentraciones bajas.
- **Enfriamiento:** de forma secundaria pero relevante, extingue por enfriamiento debido a la gran cantidad de calor que roba al incendio al convertirse en gas (-79 °C). De hecho a los extintores de CO_2 se les llama de nieve carbónica. Esta propiedad es más apreciable en fuegos superficiales.

2.4.3. HIDROCARBUROS HALOGENADOS. HALONES

Son hidrocarburos en los que los átomos de elementos halógenos sustituyen a los radicales hidrógenos. La identificación de un halón viene determinada por un número que indica la composición del agente. El primer dígito indica la cantidad de átomos de carbono de la molécula, el segundo

la de átomos de flúor, el tercero la cantidad de cloro, el cuarto la de bromo y el quinto, de existir, la de yodo.

Son gases producidos industrialmente a partir del metano (CH_4) y del etano (CH_3). La sustitución de un átomo de hidrógeno por otro elemento (cloro, flúor y bromo) da lugar a estos compuestos halogenados (pasan de gases inflamables a agentes extintores). Los más empleados son:

- Halón 1211 (Diflúor cloro bromo metano)
- Halón 1301 (Triflúor bromo metano)

Características y propiedades

- Alta densidad en estado líquido.
- No dejan residuos.
- Flúor: reduce el punto de ebullición, aumenta la estabilidad y las propiedades de inertización y disminuye la toxicidad del compuesto.
- Cloro: eleva el punto de ebullición, aumenta la eficacia extintora y la toxicidad y disminuye la estabilidad.
- Bromo: proporciona en mayor grado las mismas características que el cloro. Es tóxico, sobre todo cuando se descompone por efecto de las altas temperaturas del incendio.

Mecanismos de extinción

El mecanismo primario es inhibición, por acción catalítica negativa (rompe la reacción en cadena), y sofocación, por desplazamiento del oxígeno del aire. De forma secundaria extingue por enfriamiento.

Clasificación y tipología

- Halón 1211, bromoclorodifluorometano ($\text{C F}_2\text{Cl Br}$). En condiciones normales se encuentra en estado gaseoso. Es incoloro y de olor dulce. Se utiliza fundamentalmente para medios manuales.
- Halón 1301, bromotrifluorometano ($\text{C F}_3\text{ Br}$). Compuesto incoloro e inodoro, aunque al entrar en contacto con fuego y descomponerse desprende un olor picante característico. El nitrógeno N_2 es soluble en Halón 1301. Es menos tóxico que el Halón 1211.

2.4.4. SUSTITUTOS DE LOS HALONES Y GASES INERTES

Debido a la contaminación que producía el uso de los hidrocarburos halogenados, la industria química ha puesto en práctica una serie de nuevos agentes extintores que poseen las principales propiedades de los halones y no tienen su grado contaminante.

El resultado ha sido la aparición de nuevos compuestos químicos denominados agentes limpios (halocarbonados), mezclas de gases inertes o técnicas alternativas a los halones, que eviten dañar o inutilizar los equipos, tengan iguales propiedades de extinción, sean inocuos para las personas si deben usarse en áreas habitadas y respeten el medio ambiente.

Los sustitutos de los halones son conocidos como agentes extintores gaseosos limpios, que como su propio nombre indica no son corrosivos, no ensucian el lugar y no son conductores de la electricidad.

Se clasifican en:

- Inergen. Nombre comercial de una mezcla de Nitrógeno, Argón y CO_2 .
- Argonite. Nombre comercial de una mezcla al 50% de Nitrógeno y Argón.
- Argón. Utilizado al 100%.

Los gases inertes son mezclas de gases inertes como el nitrógeno, argón y el dióxido de carbono. Lo que se pretende conseguir con esta clase de gases, al utilizarlos como agentes extintores, es disminuir la concentración del oxígeno del aire del lugar donde se ha producido el fuego, con objeto de extinguir el mismo por sofocación.

Tabla 7. Agentes extintores gaseosos limpios

AGENTE EXTINTOR	FÓRMULA	NOMBRE COMERCIAL
IG-01	100% ARGÓN	ARGOTEC, ARGONFIRE, ARGÓN
IG-55	50% NITRÓGENO + 50% ARGÓN	ARGONITE
IG-541	52% NITRÓGENO + 40% ARGÓN + 8% CO_2	INERGEN

3. APLICACIONES, USOS, VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS AGENTES EXTINTORES

3.1. AGUA (APLICACIONES Y UTILIZACIÓN)

El agua es muy efectiva en fuegos tipo A por su gran poder de enfriamiento y se utiliza en fuegos B y C para su control, no para su extinción.

Existen diferentes formas de uso del agua en función de cómo se arroja:

- **Chorro (compacto):** es el método más utilizado, aunque no el más eficaz. Tiene como ventaja su largo alcance, pero se supone que sólo entre un 10% y un 20% del agua participa realmente en la extinción. Se utiliza únicamente en fuegos de clase A, ya que en fuegos de clase B si el líquido no es soluble flotará, rebosará y propagará el fuego (excepto en líquidos miscibles en agua o que contengan disolventes que también lo sean). Igualmente es inadecuado para fuegos eléctricos y en presencia de metales combustibles (D y E). En algunos casos el chorro compacto al impactar sobre las llamas puede incluso cortarlas o separarlas del combustible.

- **Pulverizada o neblina:** es el modo más satisfactorio y eficaz de utilizar el agua. Se emplea en fuegos de tipo A y B y se puede utilizar en presencia de corriente eléctrica E (utilizando chorros intermitentes, aunque esta aplicación exige una técnica muy depurada y lanzas especiales) y para la dispersión de nubes de gas C, o refrigerar zonas expuestas al calor en las cercanías del incendio. En modo pulverizada es en el que más potencia tiene tanto su refrigeración como su sofocación.

Existen gran cantidad de tipos de lanzas para su aplicación. Su uso en instalaciones fijas se hace por medio de rociadores o sprinklers y en función del tipo de cabeza rociadora se logra más o menos pulverización.

Limitaciones

- Su mayor limitación es el hecho de ser conductora de la electricidad.
- Al ser más densa que la mayoría de combustibles líquidos, se deposita en el fondo de recipientes que contengan líquidos inflamables con peso específico inferior a ella (alcoholes, gasolina, aceites, etc.), lo que impide la extinción.
- El aumento de volumen que experimenta al evaporarse suele representar desventajas en la extinción si los líquidos no son solubles en agua, ya que se extiende más el incendio al flotar sobre ella el líquido que combustiona.
- Su reacción con algunas materias (Na, Al) puede producir gases o explosiones (en el panel Naranja, que clasifica el peligro e identifica las mercancías peligrosas que transporta un vehículo, aparecen marcados como X o XX + n° de peligro).
- A menos de 4 °C el agua se congela y aumenta su volumen, lo que puede causar roturas en conducciones e impedir su utilización en ese estado.
- A temperaturas muy altas (3222,2 °C), la molécula de agua se descompone en $2H_2$, gas combustible, y O_2 , gas comburente ($2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$), lo que genera violentas explosiones.

Otra desventaja es su gran tensión superficial y su poca viscosidad, aunque esto se soluciona con aditivos especiales.

3.2. ESPUMAS (APLICACIONES Y UTILIZACIÓN)

Al margen del tipo de espumógeno hay que considerar también su índice de expansión que, junto al tipo, nos indicará su adecuación a cada caso. Aunque todas las espumas actúan en mayor o menor medida según los principios antes citados, cada una de ellas suele presentar unas características peculiares que las hacen más o menos adecuadas al tipo de fuego a combatir.

La espuma se puede aplicar de dos formas: directamente sobre el fuego (aplicación violenta) o indirectamente sobre el fuego (aplicación suave). Ambas son para fuegos

de tipo A y B. Sobre fuegos de hidrocarburos la espuma puede ser aplicada de las dos formas. Sobre fuegos de líquidos polares la espuma debe aplicarse indirectamente, para evitar la mezcla con el combustible y la destrucción de la espuma.

Las espumas se utilizan de forma variada. En la extinción de incendios pocas veces hay que cerrarse a posibilidades, por extrañas que parezcan, por lo que la espuma puede ser utilizada en incendios tan dispares como:

- Forestales, en forma de humectante.
- Sótanos de muy difícil acceso, inundándolos de espuma y extinguiendo el incendio por sofocación pura.
- Fuegos de hidrocarburos, que incluyen la cubrición preventiva de derrames.

Es el mejor agente extintor para almacenamientos de combustibles líquidos, en aeropuertos y en ciertas plantas químicas.

La diversificación del oficio de bombero implica observar la forma de actuar de algunos cuerpos especializados, como pueden ser los aeroportuarios, que utilizan la espuma como agente extintor básico e incluso la emplean sobre una pista de aterrizaje antes de que aterrice una aeronave en dificultades.

Es el agente más eficaz para fuegos de clase B. Es eficaz también en los de clase A, aunque por su precio es más conveniente la utilización del agua. En ocasiones se utiliza como medida de prevención en derrames de líquidos combustibles.

Los espumógenos para hacer espumas de media y alta expansión se suelen utilizar en porcentajes de mezcla del 1% al 3 %, los de baja y media suelen mezclarse entre el 3% y el 6%.

Hay que destacar la importancia de utilizar cada espumógeno en el porcentaje indicado por el fabricante. La utilización de espumógeno en un porcentaje mayor que el recomendado no sólo resulta antieconómico, sino que da lugar a espumas excesivamente espesas, con peor fluidez y con menor autonomía sin que mejoren sustancialmente el resto de las características.

Por otro lado, si la mezcla agua-espumógeno (espumante) resulta muy diluida se obtendrá una espuma menos estable y menos resistente al calor, con lo que se deteriorará más rápidamente, incluso sin formar una verdadera capa protectora.

Para mezclar el agua con espumas la temperatura ideal está entre 7 °C y 27 °C. La presión de punta de lanza ideal es de 3,5 bares a 10 bares, sin sobrepasar un máximo de 14 bares (7,5 bares en la bomba implican 3,5 bares en la lanza para un tendido normal; la manguera implica una pérdida de 4 bares aproximadamente).

La utilización de un espumógeno de media y alta expansión para generar espumas de baja expansión implica que la espuma resultante suele tener una pobre resistencia a la contaminación.

Como regla general de uso no se debe utilizar la espuma hasta que no se disponga del espumógeno necesario para neutralizar el siniestro. El mando intermedio debe calcular este dato y tomar las medidas oportunas.

Limitaciones

Como en su composición interviene el agua en más de un 95% las limitaciones son prácticamente las mismas que las del agua, sin importar en este caso la viscosidad.

Es de precio elevado y hay que prever gran cantidad en almacenamiento.

Métodos de utilización

Para la producción de espuma se necesitan equipos especiales, además de los del agua. Estos equipos son los proporcionadores, las lanzas de media y baja presión y los generadores de alta expansión. Se puede utilizar en instalaciones fijas.

3.3. AGENTES EXTINTORES SÓLIDOS (APLICACIONES Y UTILIZACIÓN)

Su utilización depende fundamentalmente de su tipología.

- La aplicación primaria es para fuegos clases B y C. Extinguen todo tipo de líquidos inflamables, incluso alcoholes y otros miscibles en agua, excepto el disulfuro de carbono.
- El polvo polivalente es además antibrasa, con lo que se puede utilizar con los de clase A aunque sea mejor el agua. El BC se puede utilizar para fuegos muy superficiales.
- El polvo especial está diseñado para actuar específicamente en fuegos clase D (metales).

Todos los polvos extintores son dieléctricos, por lo que se pueden emplear en fuegos en presencia de corriente eléctrica si se toma la precaución de que la tensión no sobrepase los 1.000 voltios (baja tensión).

Ventajas de su uso:

- Es muy rápido en su actuación.
- Es compatible con el empleo de otros agentes extintores (no con espumas).
- es dieléctrico.
- No es excesivamente caro y su mantenimiento no es complicado.

Normalmente se utilizan en extintores impulsados por gas. Se pueden usar en instalaciones fijas en sistemas automáticos, pero dada su composición atrancan fácilmente las boquillas de salida y pueden provocar muchos problemas.

Limitaciones

- Normalmente los polvos extintores no enfrían, por lo que el fuego puede reiniciarse con facilidad.

- Sólo sirven para fuegos limitados en volumen, por lo que son excelentes para el inicio de un incendio.
- No son tóxicos, pero sí abrasivos. Dejan residuos y se descomponen a altas temperaturas, por lo que no son recomendables para equipos delicados. En grandes cantidades pueden provocar trastornos respiratorios y dificultar la visibilidad.
- No se pueden utilizar con espumas porque reaccionan químicamente.

3.4. AGENTES EXTINTORES GASEOSOS

3.4.1. NITRÓGENO (APLICACIONES Y UTILIZACIÓN)

El nitrógeno se ha empleado muy pocas veces como agente extintor. Por la experiencia en Kuwait puede deducirse que es práctico, con técnicas de aplicación muy especiales, para fuegos en los que estén involucrados productos derivados del petróleo y para el petróleo mismo.

Limitaciones

- Genera gases muy tóxicos al emplearlo para extinguir incendios.
- Es muy caro.

3.4.2. DIÓXIDO DE CARBONO O ANHÍDRIDO CARBÓNICO CO₂ (APLICACIONES Y UTILIZACIÓN)

Es muy buen agente extintor para fuegos superficiales de clase A. También es efectivo para fuegos de tipo B y C. Puede utilizarse en presencia de corriente eléctrica de alto voltaje, pero no es adecuado cuando hay implicados equipos delicados. No es efectivo en materiales que desprenden O₂ (metales activos o híbridos). Utilizado en fuegos de tipo D se descompone en reactivos (sodio, magnesio, potasio, etc.) y reaviva la combustión.

Ventajas de uso:

- Limpio y sin residuos de polvo
- Se licua muy fácilmente, una gran ventaja para su transporte y almacenamiento.

Se aplica en sistemas de inundación total o parcial y en extintores portátiles.

También se utiliza en extintores de todos los tamaños y en grandes instalaciones automáticas con 3 o 4 toneladas de dióxido de carbono (en estos casos por inundación total del recinto).

Limitaciones

- Tiene poco poder de penetración y en el exterior se disipa muy rápidamente.
- Hay que tener cuidado con su uso en extintores ya que el frío que produce en la parte metálica puede causar graves quemaduras y congelaciones.
- Tiene peligro de reignición al disiparse el CO₂

- Es irrespirable y puede producir asfixia por falta de oxígeno (aunque no es tóxico):
 - 2% efecto narcótico.
 - 5% puede servir como estimulante de la respiración.
 - 6% máxima concentración admisible para las personas.
 - 7-9% pérdida de conocimiento.
 - 20% causa la muerte en 20 – 30 minutos.
 - 22% concentración necesaria para la extinción de incendios (hay que evacuar antes de aplicar).

3.4.3. HIDROCARBUROS HALOGENADOS. HALONES (APLICACIONES Y UTILIZACIÓN)

Se puede utilizar con éxito para extinguir fuegos clases A, B y C. También se puede utilizar en presencia de corriente eléctrica siempre que esté garantizada la imposibilidad de creación de arcos eléctricos y tiene la gran ventaja de que no daña los equipos delicados.

Su aplicación principal es para fuegos en equipos o instalaciones eléctricas o cualquier fuego que se produzca en presencia de tensión eléctrica, (antigua clase E) y gases inflamables (C).

Ventajas de uso:

- Muy limpio y adecuado para protección de equipos delicados.

- Necesita poca concentración para extinguir (ahorra espacio con respecto al CO₂).
- Funcionan los sistemas automáticos de disparo incluso con personas dentro del recinto.
- Es rápido y no es preciso acercarse al fuego, lo que representa una gran ventaja en usos domésticos.

El Halón 1301 se emplea en las instalaciones por inundación de espacios cerrados. El Halón 1211 se usa en instalaciones de aplicación local y extintores domésticos. Se impulsan por N₂.

Este tipo de agente extintor tiene prohibida su fabricación por normativa europea, ya que es muy agresivo contra la capa de ozono de la atmósfera. Aún se pueden encontrar en algunas instalaciones contra incendios y en algún extintor portátil, ya que no está prohibido su uso hasta agotar existencias.

Limitaciones

Además de su precio la mayor limitación es que los halones perjudican gravemente la capa de ozono.

Pueden generar gases tóxicos si no consiguen extinguir el incendio en breve espacio de tiempo. Es necesario por tanto calibrar muy bien las instalaciones.

Al igual que el CO₂ tampoco es adecuado para fuegos profundos y se debe utilizar en interiores.

