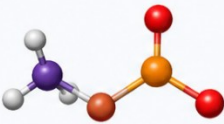
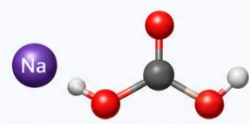
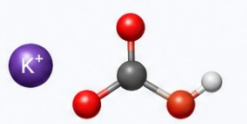
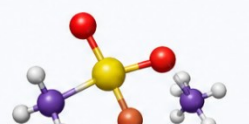
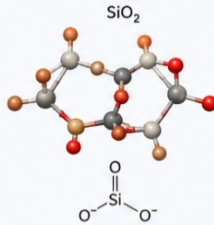


LOS AGENTES EXTINTORES LOS POLVOS QUÍMICOS SECOS

FOSFATO MONOAMÓNICO (Agente principal en polvos ABC) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  $\text{NH}_4^+ \left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array} \right]^-$ Al calentarse forma ácido fosfórico y polifosfatos que generan una capa protectora e inhiben la llama.	BICARBONATO DE SODIO (Polvos BC) NaHCO_3  $\text{Na}^+ \left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{O}^- \end{array} \right]$ Al calentarse se descompone liberando CO_2 y H_2O, diluyendo oxígeno y enfriando parcialmente.	BICARBONATO DE POTASIO (Polvos BC y Purple-K) KHCO_3  $\text{K}^+ \left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{O}^- \end{array} \right]$ Más eficaz que el bicarbonato de sodio; libera CO_2 y H_2O al descomponerse por calor.	SULFATO DE AMONIO (Aditivo) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  $2 \left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{N}- \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^+ \left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{S}-\text{O}^- \\ \\ \text{O} \end{array} \right]$ Mejora la fluidez del polvo y actúa como agente antiaglomerante.								
SILICONAS (Aditivos hidrofóbicos) (Ejemplo: Polidimetilsiloxano)  $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{Si}-\text{O}-\left[\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n-\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{Si}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \end{array}$ Recubren las partículas del polvo, evitando la absorción de humedad y mejorando la fluidez y vida útil.	SÍLICE PIROGÉNICA (Agente antiaglomerante) SiO_2  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{Si}-\text{O}^- \end{array}$ Absorbe la humedad y evita la compactación del polvo.	MECANISMO A NIVEL MOLECULAR (Inhibición química) Reacción en cadena de la combustión $\text{RH} + \cdot\text{OH} \longrightarrow \text{R}\cdot + \text{H}_2\text{O}$ El polvo extinguidor neutraliza los radicales libres $\text{R}\cdot + \text{PO}_3^{2-} \longrightarrow \text{R}-\text{O}-\text{P}(=\text{O})_2^-$ LEYENDA DE COLORES (Modelos moleculares) <table> <tr> <td>Nitrógeno</td> <td>Fósforo</td> <td>Azufre</td> <td>Silicio</td> </tr> <tr> <td>Oxígeno</td> <td>Carbono</td> <td>Hidrógeno</td> <td>Sodio/Potasio</td> </tr> </table>		Nitrógeno	Fósforo	Azufre	Silicio	Oxígeno	Carbono	Hidrógeno	Sodio/Potasio
Nitrógeno	Fósforo	Azufre	Silicio								
Oxígeno	Carbono	Hidrógeno	Sodio/Potasio								

Material no apto para la venta.

Ing. Néstor Adolfo BOTTA

*"A todo aquel que dijere alguna palabra
contra el Hijo del Hombre,
le será perdonado;
pero al que blasfemare contra
el Espíritu Santo,
no le será perdonado."*

Lucas 12:10



EL AUTOR

Néstor Adolfo BOTTA es Ingeniero Mecánico recibido en el año 1992 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; Ingeniero Laboral recibido en el año 1995 en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata; Diplomado en Ergonomía recibido en el año 2018 en la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario de la Pontificia Universidad Católica Argentina; y Diplomado en Sistemas Integrados de Gestión recibido en el año 2021 en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Estudiante de la Diplomatura en Teología en el Instituto Bíblico Río de La Plata desde el 2022.

Es el Titular de la empresa Red Proteger, empresa dedicada a la Capacitación y Divulgación de conocimientos en materia de seguridad e higiene en el trabajo (www.redproteger.com.ar).

Desarrolló funciones como Responsable de Higiene y Seguridad en el Trabajo en empresas como SOIME SRL, TRADIGRAIN ARGENTINA SA, AMANCO ARGENTINA SA, MOLINOS RÍO DE LA PLATA SA y SEVEL ARGENTINA SA.

Asesoró a diversas empresas entre las que se destacan AKZO NOBEL SA, CERVECERÍA Y MALTERÍA QUILMES SAICAYG y APACHE ENERGÍA ARGENTINA SRL.

Su extensa actividad docente lo ubica como:

- Profesor Titular en el Instituto Superior Federico Grote (Rosario – Santa Fe) para la Carrera de “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo” para las asignaturas de Higiene y Seguridad en el Trabajo I, Seminario Profesional, Prevención y Control de Incendios II, y Prevención y Control de Incendios I.
- Profesor en la UCA de Ing. de Rosario para la Carrera de Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo en la asignatura de Riesgo y Protección de Incendios y Explosiones.
- Profesor Titular en la Universidad Nacional del Litoral para la Carrera de Técnico en Seguridad Contra Incendios en la asignatura de Seguridad Contra Incendios III. Sistema de educación a distancia.
- Profesor en la Universidad Nacional del Litoral - Sede Rosario, para la Carrera de Lic. en Seguridad y Salud Ocupacional en la asignatura de Práctica Profesional.
- Profesor Interino Cátedra “Elementos de Mecánica”. Carrera “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo”. ISFD Nro. 12 La Plata – 1.996
- Ayudante Alumno Cátedra “Termodinámica”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería.
- Ayudante Alumno Cátedra “Análisis Matemático”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencia Económicas.

Datos de Contacto

e-mail: nestor.botta@redproteger.com.ar

ÍNDICE

- 1) Hablando Correctamente de los Polvos Químicos Extintores
- 2) ¿Qué son los Polvos Químicos Secos?
- 3) Evolución Histórica de los Polvos Extintores de Incendios
 - 3.1) Los Primeros (siglos XVIII y XIX)
 - 3.2) Nacimiento de los Polvos Químicos Secos (1900 – 1940)
 - 3.3) Aparición del Bicarbonato de Sodio (década de 1940)
 - 3.4) Desarrollo del Bicarbonato de Potasio (1950)
 - 3.5) Desarrollo del Purple-K (años 1960)
 - 3.6) Desarrollo del Fosfato Monoamónico (1950 – 1960)
 - 3.7) Desarrollo de los Polvos para Metales Clase D (1940 – 1960)
 - 3.8) Incorporación de Aditivos Modernos (1970–1990)
- 4) Tipos de Polvos Químicos Secos
- 5) Efectividad de los Polvos Químicos Secos
 - 5.1) Efectividad Fuegos Clase B
 - 5.2) Efectividad Fuegos Clase A
 - 5.3) Efectividad Fuegos Clase C
- 6) Propiedades Físicas de los Productos Químicos Secos
- 7) Mecanismos de Extinción
 - 7.1) Rotura de la Reacción Química en Cadena
 - 7.2) Apantallamiento de la Radiación
 - 7.3) Acción Sofocante
 - 7.4) Acción Aislante
 - 7.5) Acción Enfriadora
- 8) Usos de los Polvos Químicos Secos
- 9) Limitaciones y Desventajas
- 10) Ventajas

1) HABLANDO CORRECTAMENTE DE LOS POLVOS QUÍMICOS EXTINTORES

Los términos **polvo ordinario**, **polvo polivalente** y **polvo regular** no deben confundirse con los términos **polvo especial o compuesto especial**, que son los que se emplean para identificar los agentes extintores en polvo que se idearon inicialmente para los fuegos de metales combustibles.

Para evitar esta confusión el especialista chileno Ing. Conrado A. Marín considera necesario distinguir entre los tres tipos básicos en que se pueden agrupar a los polvos para extinción de incendios:

- **Agente extintor químico seco o simplemente químico seco**

Para aquellos agentes extintores constituidos por un sólido en polvo para fuegos clases B y C o A, B y C (Dry Chemical).

- **Agente extintor polvo seco o simplemente polvo seco**

Para aquellos agentes extintores constituidos por un sólido en polvo para fuegos clase D (Dry Powder).

- **Agente extintor químico líquido simplemente químico líquido**

Para aquellos agentes extintores para fuegos clase K (Wet Chemical).

Más allá de la correcta división realizada por el Ing. Conrado A. Marín, que tiene como base la normativa de la NFPA¹ de los EEUU, en la Argentina normalmente se denominan **polvos químicos secos (PQS)** a los **químicos secos** regulares u ordinarios y polivalente que son tratados en este material.

Al **polvo seco** se lo denomina **polvo especial** y es el destinado a los fuegos clase D, y se conserva el nombre de **agente K** a los agentes extintores **químicos líquidos** destinados a fuegos clase K. A estos últimos también se los suele denominar **químico húmedo**.

¹ National Fire Prevention Association (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego).

Las normas europeas e ISO no distinguen entre agentes extintores químico seco y polvo seco. Su uso del término polvo seco incluye tanto al químico seco como al polvo seco [A.3.3.4.1 NFPA 10:2018].

NFPA	Argentina	Tipo Fuego
Químico Seco (Dry Chemical)	Polvo Químico Seco	Clase A, B y C
Polvo Seco (Dry Powder)	Polvo Especial	Clase D
Químico Líquido (Wet Chemical)	Agente K	Clase K

NFPA 10:2018 los define como:

“3.3.4.1 Químico seco (Dry Chemical). *Un polvo compuesto de partículas muy pequeñas, generalmente a base de bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio o fosfato mono amonio con un agregado de material particulado complementado por un tratamiento especial que le otorga resistencia a la compactación, resistencia a la absorción de humedad (apelmazamiento, aglomeración) que le da las características de flujo apropiadas. [17, 2017]*

3.3.4.2 Químico Líquido (Wet Chemical). *Generalmente, una solución acuosa de sales orgánicas o inorgánicas o una combinación de estas que forma un agente extintor. [17A, 2017]*

Si bien las cargas de chorro de agua con carga anticongelante y de agente químico líquido pueden comprender materiales similares, sus formulaciones podrían imponer procedimientos de mantenimiento diferentes [A.3.3.4.2 NFPA 10:2018].

3.3.9. Polvo Seco (Dry Powder). *Materiales sólidos en forma de polvo o granulado, previstos para extinguir fuegos Clase D de metales combustibles, mediante formación de costras, sofocación o a través de medios de transferencia de calor.”*

2) ¿QUÉ SON LOS POLVOS QUÍMICOS SECOS?

Los polvos químicos secos (PQS) son una mezcla de polvos en forma de partículas muy pequeñas que se emplean como agentes extintores. Se aplican por medio de extintores portátiles, mangueras manuales o sistemas fijos.

Habitualmente se suelen usar los términos **polvo regular** y **polvo ordinario** cuando se refiere a los polvos clasificados para su empleo contra los fuegos de clase B y clase C; mientras que el término **polvo polivalente** se refiere a los polvos que están homologados para su empleo contra fuegos de clase A, clase B y clase C, también se denominan polvo antibrasa o polvo ABC.

3) EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS POLVOS EXTINTORES DE INCENDIOS

La evolución de los polvos extintores de incendios constituye uno de los avances más importantes en la historia de la protección contra incendios. A diferencia del agua o de las espumas, cuyo desarrollo estuvo orientado principalmente al enfriamiento y al aislamiento del combustible, los polvos químicos introdujeron un nuevo concepto: la inhibición química de la combustión, es decir, la interrupción de la reacción en cadena de la llama.

La línea histórica se puede resumir en las siguientes etapas:

3.1) Los Primeros (siglos XVIII y XIX)

Durante los siglos XVIII y XIX, los métodos de extinción eran muy limitados. El agua era el agente predominante y, en algunos casos, se empleaban arena, tierra o cenizas para sofocar incendios pequeños.

Con el desarrollo de la química moderna surgió el interés por utilizar sales minerales pulverizadas como agentes extintores. Se observó que algunas sales

reducían la intensidad de la llama y, al descomponerse por efecto del calor, liberaban gases que contribuían a desplazar el oxígeno.

Estos primeros polvos carecían de formulaciones controladas y presentaban numerosos problemas:

- Absorbían humedad con facilidad.
- Se apelmazaban durante el almacenamiento.
- Tenían baja fluidez.
- Eran poco eficaces.

3.2) Nacimiento de los Polvos Químicos Secos (1900 – 1940)

A comienzos del siglo XX comenzaron a desarrollarse los primeros polvos químicos secos comerciales, principalmente para combatir incendios de líquidos inflamables. Los compuestos más utilizados fueron:

- Bicarbonato de sodio (NaHCO_3).
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3).
- Diversas mezclas de sales alcalinas.

3.3) Aparición del Bicarbonato de Sodio (década de 1940)

Durante la década de 1940, el bicarbonato de sodio se convirtió en el primer agente químico seco ampliamente difundido. Entre sus ventajas se destacan:

- Excelente capacidad para extinguir llamas.
- Bajo costo.
- Disponibilidad industrial.
- Estabilidad química.

Sin embargo, presentaba una limitación importante: no era eficaz sobre materiales sólidos combustibles, por lo que solo podía utilizarse en incendios Clase B y C.

3.4) Desarrollo del Bicarbonato de Potasio (1950)

Las investigaciones demostraron que el bicarbonato de potasio (KHCO_3) era considerablemente más eficaz que el bicarbonato de sodio. Los estudios indicaban incrementos de eficacia de aproximadamente 1,5 a 2 veces superiores dependiendo del combustible.

Ello permitió reducir la cantidad de agente necesaria para extinguir un incendio.

3.5) Desarrollo del Purple-K (años 1960)

En 1960 se modificó el polvo químico seco a base de bicarbonato sódico para hacerlo compatible con las espumas proteínicas de baja expansión y permitir su empleo en los ataques de agentes dobles. Entonces apareció el Purple-K (a base de bicarbonato potásico) para su uso como agente extintor. Poco después apareció el Super-K (a base de cloruro potásico), con igual eficacia que el "Purple-k".

El denominado Purple-K, se trata de bicarbonato de potasio altamente purificado, al que se incorporan aditivos especiales para mejorar su fluidez y estabilidad. Fue desarrollado para la industria petrolera y la aviación, donde los incendios de hidrocarburos requerían una extinción extremadamente rápida. Actualmente continúa siendo uno de los agentes más eficaces para incendios Clase B, aunque no es multipropósito.

3.6) Desarrollo del Fosfato Monoamónico (1950 – 1960)

La aparición del fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) marcó un antes y un después en la protección contra incendios.

Los investigadores descubrieron que, al calentarse, este compuesto:

- Se fundía.
- Producía ácido fosfórico.
- Originaba polifosfatos.
- Formaba una película vítrea sobre materiales sólidos.

Gracias a ello nacieron los polvos multipropósito ABC. Este desarrollo transformó la protección contra incendios al permitir que un único agente fuera eficaz en una amplia variedad de escenarios.

3.7) Desarrollo de los Polvos para Metales Clase D (1940 – 1960)

El desarrollo de estos polvos está estrechamente relacionado con el crecimiento de la industria durante la Segunda Guerra Mundial y la posguerra.

En las décadas de 1940 y 1950, el uso de metales livianos como el magnesio y el aluminio aumentó significativamente en la fabricación de aeronaves y equipos militares.

Posteriormente, en las décadas de 1950 y 1960, el desarrollo de la industria aeroespacial, nuclear y química incrementó el empleo de metales reactivos como el sodio, el potasio, el titanio y el zirconio.

Los incendios producidos por estos materiales demostraron que los agentes convencionales no solo eran ineficaces, sino que en muchos casos agravaban la situación.

Estos agentes utilizan mecanismos distintos, como el aislamiento del metal, la absorción de calor y la formación de costras protectoras. No existe un único polvo adecuado para todos los metales.

3.8) Incorporación de Aditivos Modernos (1970–1990)

Las formulaciones evolucionaron con la incorporación de aditivos que permitieron evitar la absorción de humedad, prolongar la vida útil, mejorar la descarga desde los extintores y reducir el apelmazamiento.

4) TIPOS DE POLVOS QUÍMICOS SECOS

Nombre Químico	Fórmula	Tipo Fuego	Nombre Comercial
Bicarbonato Sódico	NaHCO_3	BC	
Cloruro Sódico	NaCl	BC	Sal común
Bicarbonato Potásico	NHCO_3	BC	Púrpura K
Cloruro Potásico	KCl	BC	Super K
Sulfato Potásico	K_2SO_4	BC	Karate macizo
Urea + bicarbonato potásico	$\text{NH}_2\text{CONH}_2 + \text{KHCO}_3$	BC	Monnex
Fosfato Monoamónico	$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	ABC	

Las partículas de polvo están revestidas con un agente, como el estearato de zinc o una silicona, para evitar el aglutinamiento y promover el flujo libre.

La eficiencia de cualquiera de estos agentes depende del tamaño de las partículas: mientras más pequeñas las partículas, menos agente es necesario, siempre y cuando las partículas sean mayores que el tamaño crítico. Se cree que esto se debe a que el agente debe vaporizarse rápidamente en la llama para que sea eficaz. Sin embargo, si se utilizara un agente muy fino, sería difícil de dispersar y aplicar al incendio.

Es difícil comparar con precisión la eficiencia de un polvo químico seco con otro porque la comparación para revelar las diferencias químicas requeriría que cada agente tenga tamaños idénticos de partículas, lo que es difícil de lograr. Además, los agentes gaseosos se pueden comparar estudiando los límites de

combustibilidad de mezclas uniformes en reposo. Si hubiera partículas presentes, sin embargo, estas se asentarían a menos que se agitara la mezcla, modificando así el comportamiento de la combustión.

5) EFECTIVIDAD DE LOS POLVOS QUÍMICOS SECOS²

La efectividad de estos agentes no es la misma. Utilizando un número índice, la efectividad es como sigue para las sales mencionada y otras:

Sal Base		Efectividad
Bicarbonato de sodio	NaHCO_3	1,0
Fosfato monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0,66
Bicarbonato de potasio	KHCO_3	0,56
Carbonato de sodio	Na_2CO_3	0,87
Sulfato de sodio	Na_2SO_4	1,36
Carbonato de potasio	K_2CO_3	0,27
Sulfato de potasio	K_2SO_4	1,33
Cloruro de potasio	KCl	0,60

De la tabla se desprende que cuando se necesita 1,0 de bicarbonato de sodio para apagar se necesita sólo 0,66 de fosfato mono amonio o 0,56 de bicarbonato de potasio para hacer lo mismo.

En otras palabras, en fuegos clase B:

- Un extintor de 10 kilos de bicarbonato de sodio tiene un potencial de extinción de 40B.
- Uno de 10 kilos de fosfato mono amonio tiene 60B.
- El de 10 kilos de bicarbonato de potasio 80B.

² Sobre la base de ¿PQS O QS? del Ing. Conrado A. Marin y NFPA 10:2018.

5.1) Efectividad Fuegos Clase B

Los polvos químicos secos en base a bicarbonato de sodio y de potasio están principalmente previstos para uso en fuegos clase B y clase C.

Los agentes de bicarbonato a base de potasio y de urea-potasio son preferibles a los de bicarbonato de sodio, debido principalmente a sus mayores capacidades para la extinción de fuego clase B. Si la corrosión no es un factor a considerar, el cloruro de potasio también puede ser incluido en este grupo. Sin embargo, el agente a base de cloruro de potasio es corrosivo y no tiene características extintoras específicas que sean superiores a las de los agentes a base de bicarbonato de potasio.

La eficacia del cloruro potásico es aproximadamente igual a la del bicarbonato potásico y el bicarbonato de potasio-urea posee la mayor eficacia de todos los polvos secos que se han probado.

Algunas formulaciones de estos agentes son especialmente tratadas para ser relativamente compatibles para uso con espumas mecánicas.

5.2) Efectividad Fuegos Clase A

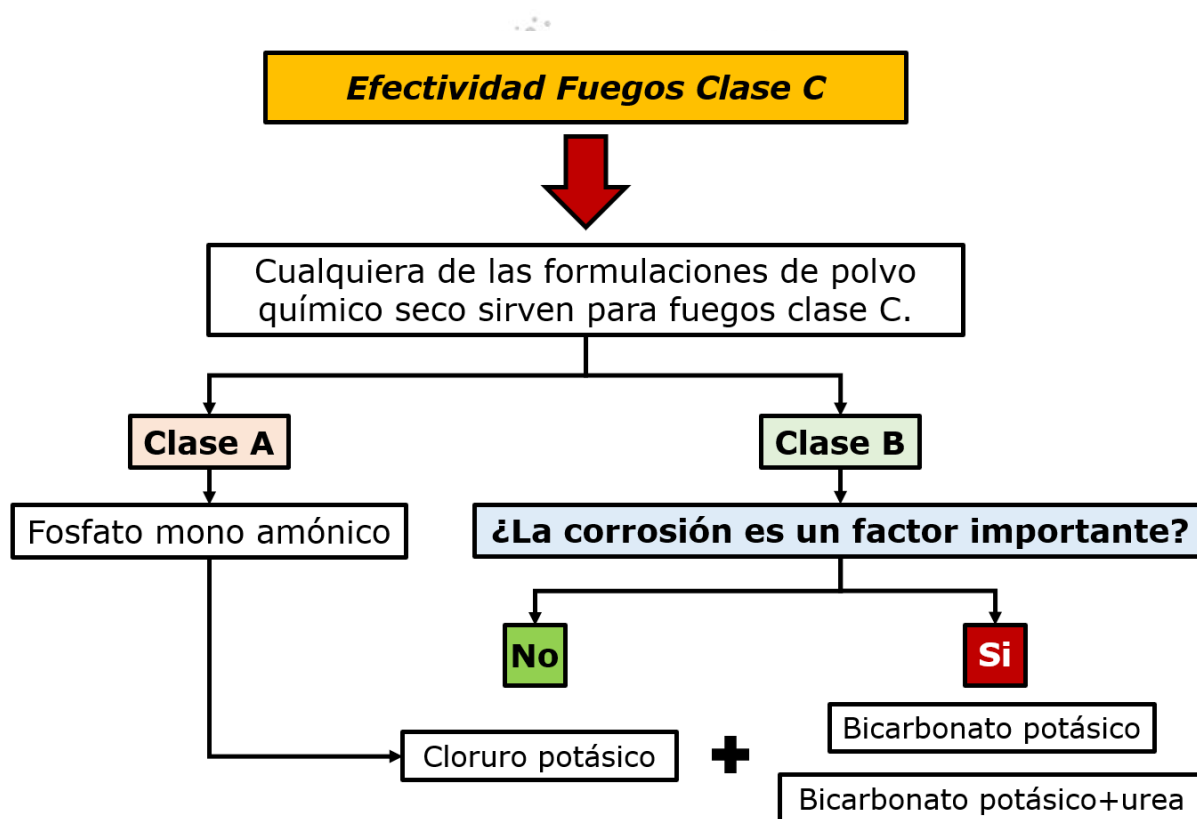
El agente a base de fosfato monoamónico (multipropósito) es el único agente químico seco adecuado para la protección clase A, además de la protección clase B y clase C. Los residuos de los productos químicos secos multipropósito cuando se dejan en contacto con superficies de metal pueden provocar corrosión.

Los agentes multipropósitos se usan en fuegos clase B exactamente de la misma manera que los agentes químicos secos ordinarios.

Para uso en fuegos clase A, el agente multipropósito tiene la característica adicional de fundirse y adherirse cuando está en contacto con superficies calientes.

5.3) Efectividad Fuegos Clase C

Donde se utilizan extintores en base a polvos químicos secos para una protección clase C, es importante considerar que el residuo del cloruro de potasio es más corrosivo que otros agentes y que es más difícil quitar un agente multipropósito debido a que primero se funde cuando está en contacto con superficies calientes y luego se endurece, cuando se enfría. Cualquiera de los otros agentes en base a polvos químicos secos, dependiendo de los requisitos de protección, podría ser una opción más práctica para una protección clase C.



6) PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS SECOS

A los polvos químicos secos que se usan como agentes extintores se les aditiva para mejorar sus características de almacenamiento, de fluencia y de repulsión al agua.

Los aditivos más comúnmente empleados son estearatos metálicos, fosfato tricálcico o siliconas, que recubren las partículas de polvo seco para conferirles fluidez y resistencia a los efectos del endurecimiento y formación de costras por humedad y vibración.

Los polvos químicos secos son estables, tanto a temperaturas bajas como normales. Sin embargo, como algunos de los aditivos pudieran fundirse y hacer que los materiales fuesen pegajosos a temperaturas más altas, se recomienda, generalmente, una temperatura máxima de almacenamiento de 49 °C. Temperaturas de hasta 66 °C son aceptables para duraciones muy breves.

A temperaturas de incendio, los compuestos activos se disocian o descomponen mientras cumplen su función de extinción.

- **Reactividad**

Resulta de extrema importancia el peligro causado por la mezcla indiscriminada de los distintos polvos químicos secos. Por ejemplo, si se mezcla agente del tipo polivalente (a base de fosfato monoamónico), que es ácido, con un polvo alcalino (la mayoría de los polvos químicos secos), se produce una reacción indeseable que libera CO₂, formando un aglutinante. Debido a este fenómeno, se han producido explosiones en cilindros de extinción.

- **Toxicidad**

Los ingredientes que se emplean en los polvos químicos secos no son tóxicos. Sin embargo, la descarga de grandes cantidades puede ocasionar molestias temporales tanto en las vías respiratorias como en la visión.

- **Granulometría**

Las partículas de polvo poseen una granulometría entre 10 a 75 micrones y se revisten con siliconas para evitar el aglutinamiento y proveerles mayor fluidez. El tamaño de las partículas resulta ser un factor clave para la

velocidad de extinción, cuanto más fina es, más rápido se vaporiza en la llama inhibiendo la combustión.

7) MECANISMOS DE EXTINCIÓN

Cuando se arroja sobre el área incendiada el polvo químico seco apaga la llama casi instantáneamente, y esto se debe a una combinación de mecanismos de extinción entre el que se destaca fundamentalmente la captura de los radicales libres del proceso de la combustión.

La sofocación, el enfriamiento y la obstrucción de la radiación contribuyen a la eficacia extintora de estos productos, pero los estudios realizados demuestran que la acción sobre la captura de los radicales libres produciendo el corte o rotura de la reacción química en cadena en el proceso de la combustión, es la causa principal de extinción.

Los mecanismos de extinción por lo cual los polvos químicos secos apagan son una combinación de los siguientes:

- Rotura de la Reacción en Cadena.
- Apantallamiento de la Radiación.
- Acción Sofocante.
- Acción Aislante.
- Acción Enfriadora.

Todos los polvos químicos secos poseen los mecanismos de extinción de rotura de la reacción en cadena, apantallamiento de la radiación y acción enfriadora. Sólo el fosfato monoamónico posee la característica de la acción aislante; y la acción sofocante el bicarbonato sódico.

7.1) Rotura de la Reacción Química en Cadena

La teoría de la combustión por la reacción química en cadena supone que en la zona de combustión se encuentran presentes radicales libres y que las reacciones de estas partículas entre sí son necesarias para que continúe la combustión.

Las reacciones de combustión progresan a nivel molecular por un mecanismo en que intervienen radicales libres de alta reactividad.

La reacción en cadena originada puede ser inhibida por la presencia de sustancias generadas en la descomposición térmica del polvo extintor, que actúa neutralizando a los radicales libres.

Los polvos químicos secos forman especies volátiles que reaccionan con los átomos de hidrogeno o radicales hidroxilos, llamados radicales libres.

La descarga del polvo químico seco sobre las llamas impide que estas partículas reactivas se encuentren y continúe el proceso de la reacción en cadena. Esta explicación se denomina mecanismo de extinción por rotura de la reacción química en cadena, y explica de alguna manera la rapidez con que estos agentes extintores apagan una combustión, dado que estarían interviniendo en lo más íntimo del proceso de la combustión, es decir, la reacción química.

Puesto que la reacción en cadena solo se produce en fuegos con llamas, los fuegos de brasas no podrán extinguirse de esta forma.

7.2) Apantallamiento de la Radiación

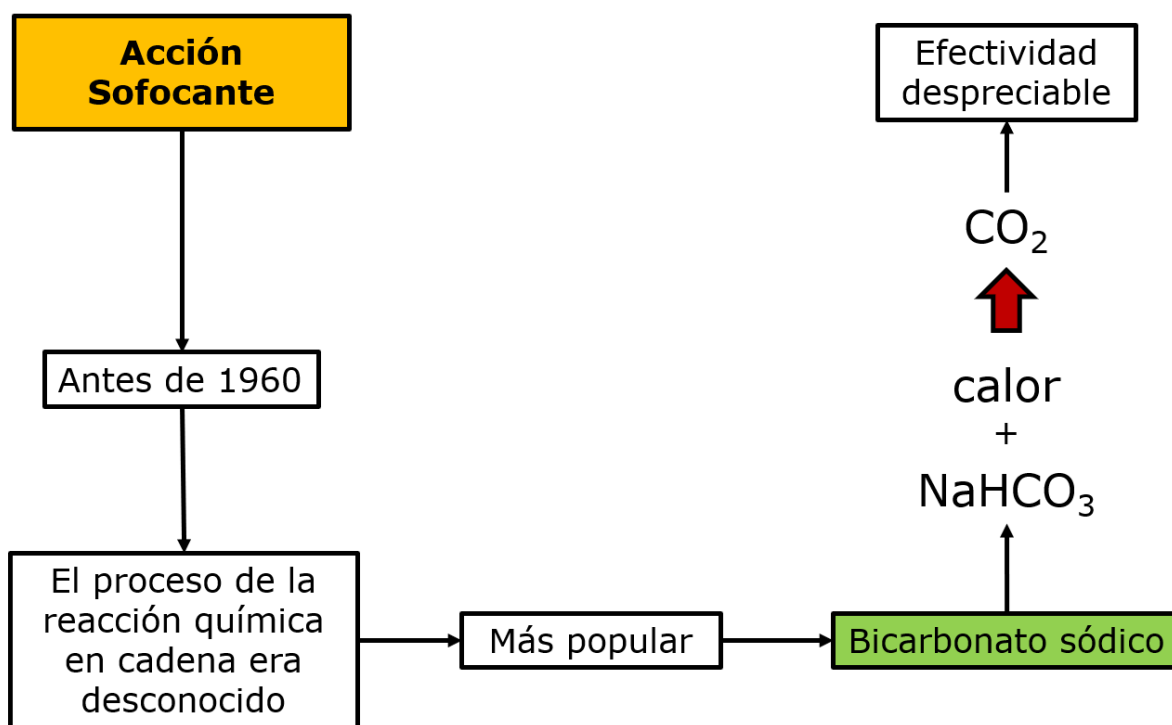
La descarga del polvo químico seco produce una nube de polvo que se interpone entre la llama y el combustible. Esta nube separa al combustible de una parte del calor emitido por la llama. De las tres formas que tiene el calor para moverse de un punto a otro, este mecanismo interfiere en el calor transmitido por radiación.

Las pruebas para evaluar este factor llegaron a la conclusión de que el factor de apantallamiento es de cierta importancia.

7.3) Acción Sofocante

Ha sido una creencia generalizada durante muchos años que las propiedades extintoras de los polvos químicos secos se basaban en la acción sofocante del CO_2 que se produce cuando el bicarbonato sódico recibe el calor del fuego.

Sin duda alguna, el CO_2 contribuye a la eficacia del agente igual que lo hace el volumen del vapor de agua que se emite al calentarse el polvo químico seco. Sin embargo, generalmente, las pruebas han desmentido la creencia de que estos gases sean un factor fundamental de extinción.

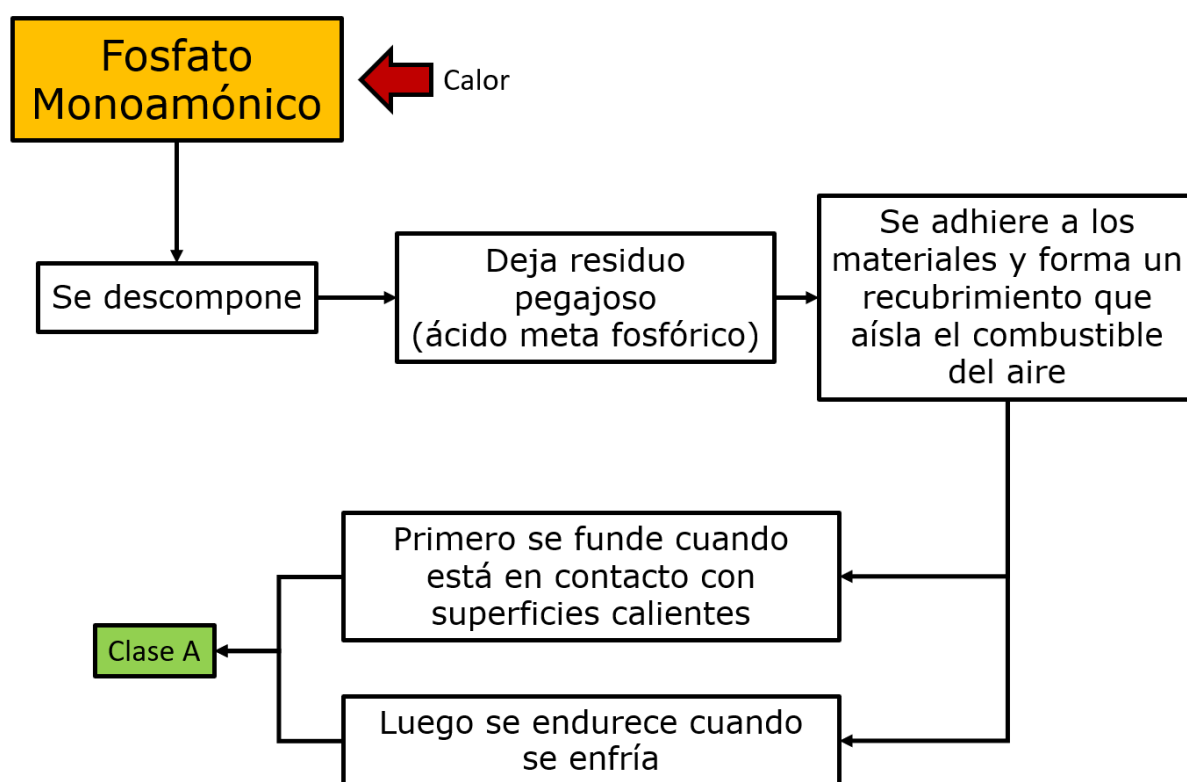


7.4) Acción Aislante

Cuando se descargan los polvos polivalentes contra combustibles sólidos incendiados, el fosfato monoamónico se descompone por el calor, dejando un residuo pegajoso denominado comúnmente melasa (ácido meta fosfórico) sobre el material incendiado.

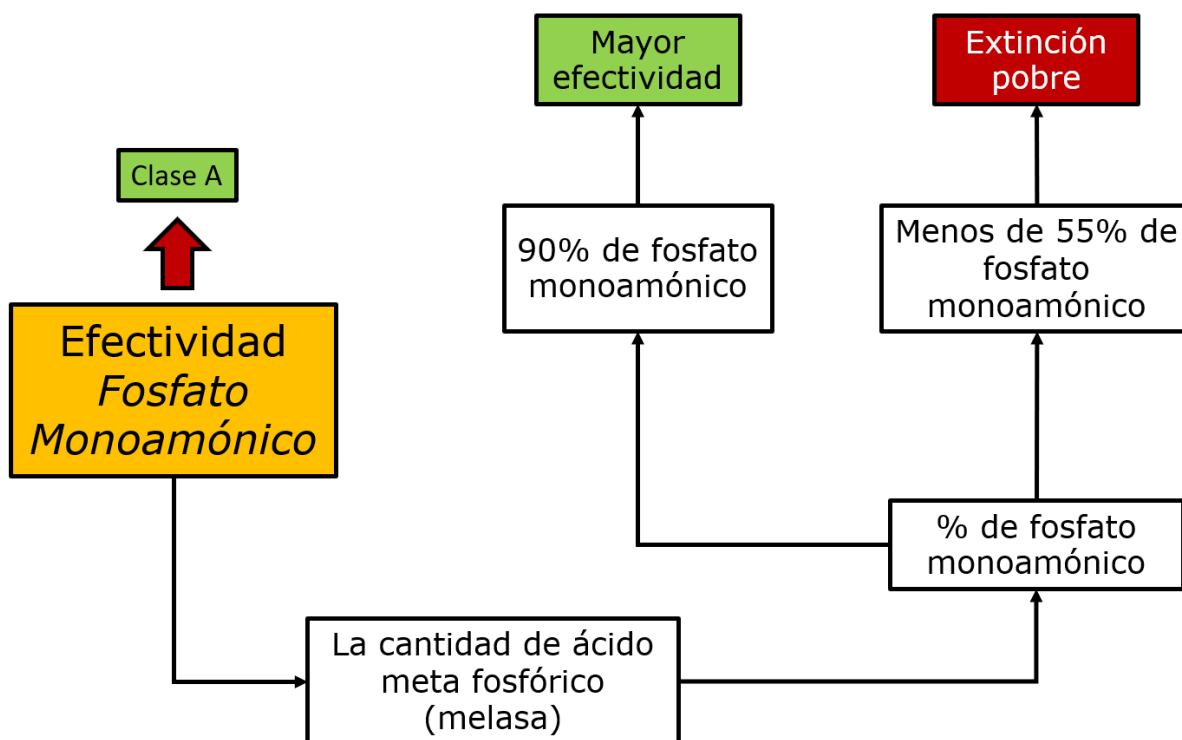
Este residuo sella el material incandescente, aislándolo del contacto del oxígeno, extinguiendo así el fuego e impidiendo su reignición; primero se funde cuando está en contacto con superficies calientes y luego se endurece cuando se enfría. Se adhiere a los materiales encendidos y forma un recubrimiento que aísla el combustible del aire.

Este es el mecanismo que hace que el fosfato monoamónico sea un agente de clase ABC.



La cantidad de ácido meta fosfórico que se produce, por descomposición por calor, depende del porcentaje por peso de fosfato monoamónico en el agente. Agentes extintores con contenidos menores de 55% de fosfato monoamónico son pobres en lo que a extinción se refiere. A medida que se aumenta el contenido del fosfato monoamónico se obtiene más ácido meta fosfórico, incrementando así su capacidad de evitar la reignición de fuegos clase A. La mayor efectividad de un

agente multipropósito a base de fosfato monoamónico se consigue con un contenido del orden del 90% de esta sal de fósforo.



Este agente extintor del tipo multipropósito es el único polvo químico seco adecuado para las protección clase A. Además de la protección clase B y clase C, los residuos de los productos químicos secos multipropósito, cuando se dejan en contacto con superficies de metal pueden provocar corrosión.

Cuando se aplica el agente es importante intentar cubrir todas las áreas encendidas, a fin de eliminar o minimizar la cantidad de pequeñas brasas que podrían ser una potencial fuente de reignición.

El agente en sí tiene un escaso efecto de enfriamiento, y, debido a sus características de recubrimiento de superficies, no puede penetrar debajo de la superficie encendida. Por este motivo, la extinción de fuegos de asentamiento profundo podría no lograrse, a menos que el agente se descargue por debajo de la superficie o el material sea dividido y esparcido.

Explicación Química

La descomposición por el calor del fosfato monoamónico produce ácido fosfórico y gases de amoníaco:



Por encima de 300 °C, progresa la deshidratación del ácido fosfórico con formación de ácidos polifosfóricos y, en último término, cadenas de longitud indefinida, de ácido metafosfórico.

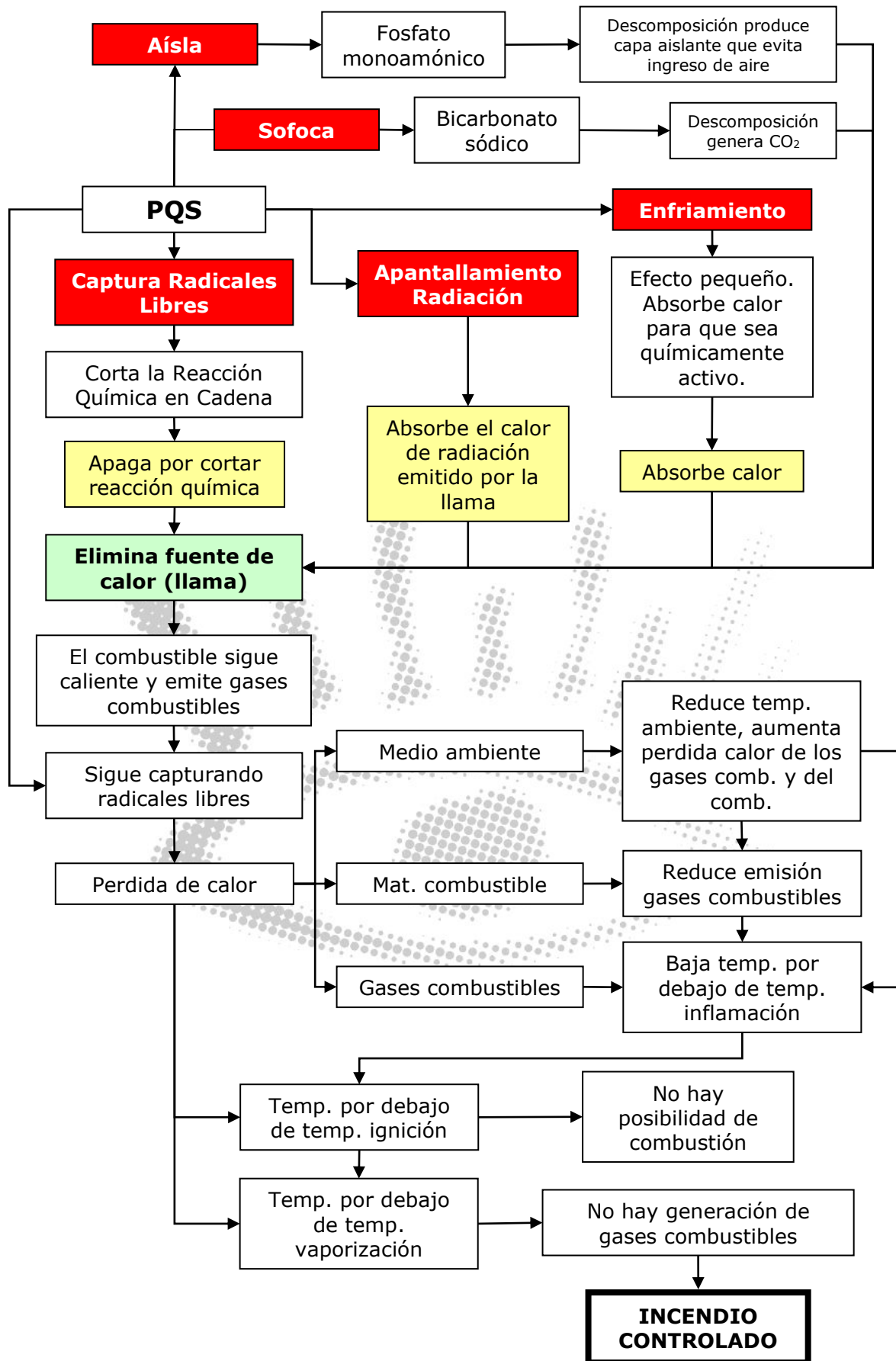
La alta polimerización explica su elevada viscosidad y que llegue a formar una capa en estado vítreo que aísla las brasas del oxígeno atmosférico y dificulta la transferencia de calor por radiación.

7.5) Acción Enfriadora

Los polvos químicos secos se descomponen frente al calor en un proceso del tipo endotérmico; para que sea eficaz el polvo químico seco debe ser sensible al calor, y absorber calor a fin de que sea químicamente activo.

La energía calorífica requerida para descomponerlos desempeña un papel primordial en la extinción, pero el efecto, por sí mismo, es pequeño.

No se puede demostrar que la acción enfriadora de los polvos químicos secos sea una razón importante que explique su capacidad para extinguir rápidamente los fuegos.



8) USOS DE LOS POLVOS QUÍMICOS SECOS

Los polvos químicos secos son agentes del tipo clase ABC y BC, esto depende del tipo de polvo que se esté empleando. Son aptos para los siguientes tipos de combustibles:

- **Combustibles clase A**

El fosfato monoamónico, que es único polivalente hasta el momento, se puede emplear sobre fuegos de superficies de materiales combustibles sólidos (fuego clase A). Sin embargo, siempre que se empleen estos agentes contra combustibles A, de tipo superficial, deben ser complementados con agua pulverizada para apagar las brasas incandescentes o cuando el fuego profundiza por debajo de la superficie.

NO son aptos para combustiones de masa o fuegos en profundidad.

- **Combustibles clase B**

Se utilizan principalmente para extinguir fuegos de líquidos inflamables, salvo las restricciones indicadas en el punto limitaciones.

- **Combustibles clase C**

Eléctricamente no conductores, pueden emplearse contra fuegos de combustibles en que también participan equipos eléctricos bajo tensión por estar energizados o porqué se encuentran en un entorno próximo con riesgo eléctrico.

Es recomendable un minucioso estudio para el caso de uso en instalaciones de alta tensión y combustibles húmedos.

- **Combustible clase D**

No aptos, hay que usar polvos especiales aptos para metales combustibles y el estudio se hace para metal en particular.

- **Combustibles clase K**

No aptos.

9) LIMITACIONES Y DESVENTAJAS

- **Extinción temporaria**

Los polvos químicos secos no producen atmósferas inertes por encima de la superficie de los líquidos inflamables y no enfrían; consecutivamente, su empleo no da como resultado una extinción permanente si las fuentes de reignición, tales como superficies metálicas calientes, continúan estando presentes.

- **Corrosividad**

No deben emplearse polvos químicos secos en instalaciones donde se encuentren instalaciones o equipos eléctricos delicados o de alto valor.

Cualquier polvo químico seco puede producir cierto grado de corrosión, pero el fosfato monoamónico es ácido y corroe más rápidamente que otros polvos químicos secos, que son neutros o levemente alcalinos, además, la corrosión por otros polvos químicos secos es detenida por una atmósfera moderadamente seca, mientras que el ácido fosfórico tiene una afinidad tan fuerte con el agua que se necesitaría una atmósfera excesivamente seca para detener la corrosión.

Debido a la corrosividad de los polvos químicos secos, deben eliminarse de las superficies no dañadas lo antes posible después de extinguido el fuego.

Es necesaria una limpieza muy cuidadosa y extensa para restaurarlos y devolverlos a su estado primitivo, así y todo, como el polvo es de un tamaño de partícula de entre 20 a 25 micrones es una tarea difícil y compleja, y a veces imposible, no pudiendo evitarse la corrosión del equipo.

Son clasificados como un agente extintor sucio y dañino.

Los residuos de los polvos químicos secos probablemente no podrán ser completamente ni inmediatamente quitados, y, además, el polvo químico seco multipropósito expuesto a temperaturas mayores de 121 °C o a una humedad relativa que exceda el 50% pueden provocar corrosión.

- **Fuegos en profundidad**

Los polvos químicos secos ABC y de ningún tipo no extinguen fuegos que profundicen por debajo de la superficie, denominados fuegos en profundidad.

- **Fuegos de masa/brasa**

Los polvos químicos secos ABC y de ningún tipo sirven para extinguir fuegos de brasas o masa dada su muy pobre capacidad de enfriamiento.

- **Llamas autónomas**

No extinguen los fuegos de los materiales que se alimentan de su propio oxígeno para combustionar.

- **Relación con las espumas**

Los polvos químicos secos pueden ser incompatibles con las espumas mecánicas, a no ser que éstos hayan sido preparados especialmente para tal situación.

- **Mantenimiento**

Las instalaciones de polvo y el propio polvo requieren un alto mantenimiento, al menos en comparación con instalaciones para otros agentes extintores.

- **Agente presurizador**

No tienen presión propia, por lo tanto, necesitan de un agente presurizador para hacerlo salir del recipiente y que llegue al fuego. El agente de presurización usado es el nitrógeno seco, pudiendo usarse también aire comprimido.

- **Áreas ventiladas**

Presentan problemas en áreas abiertas con viento, dado que el polvo se puede desviar del fuego por acción del viento o un sistema de ventilación.

- **Toxicidad**

Los ingredientes que se emplean actualmente en los polvos químicos secos no son tóxicos. Sin embargo, la descarga de grandes cantidades puede

causar algunas dificultades temporales de la respiración durante e inmediatamente después de la descarga, y pueden interferir gravemente con la visibilidad.

- **La humedad y la electricidad**

El uso de extintores de polvo químico seco sobre equipos eléctricos energizados y húmedos (como postes de servicios generales, interruptores de energía eléctricos de alto voltaje y transformadores mojados por la lluvia) podría agravar los problemas de fugas eléctricas. El producto químico seco combinado con la humedad provoca una trayectoria eléctrica que puede disminuir la eficacia de la protección del aislamiento. Se recomienda quitar todos los rastros del producto químico seco de tales equipos luego de la extinción.

- **Clase C**

Donde se utilizan extintores de con polvos químicos secos para una protección clase C, es importante considerar que el residuo de cloruro de potasio es más corrosivo que otros agentes químicos secos y que es más difícil quitar un agente multipropósito debido a que primero se funde cuando está en contacto con superficies calientes y luego se endurece, cuando se enfría. Cualquiera de los otros agentes de polvos químicos secos, dependiendo de los requisitos de protección, podría demostrar ser una opción más práctica para una protección clase C.

- **Mezcla de polvos**

La mezcla de un polvo químico seco multipropósito con los polvos químicos secos de base alcalina podría derivar en una reacción química capaz de desarrollar presiones suficientes para la rotura de un extintor.

10) VENTAJAS

- **Clase C.** Eléctricamente no conductores, pueden emplearse contra fuegos o combustibles en que también participan equipos eléctricos bajo tensión.
El uso de extintores de polvo químico seco sobre equipos eléctricos energizados y húmedos (como postes de servicios generales, interruptores de energía eléctricos de alto voltaje y transformadores mojados por la lluvia) podría agravar los problemas de fugas eléctricas. El polvo químico seco combinado con la humedad provoca una trayectoria eléctrica que puede disminuir la eficacia de la protección del aislamiento. Se recomienda quitar todos los rastros del producto químico seco de tales equipos luego de la extinción.
- Altamente eficaces en la extinción de combustibles líquidos inflamables, clase B.
- Fáciles de usar.
- Económicos, tanto las instalaciones como el agente extintor.
- Tienen baja reactividad con otros materiales.
- Estables.
- Baja toxicidad.
- Alta velocidad de extinción dada su intervención en el proceso de la reacción química en cadena.
- Todos los polvos químicos secos pueden ser usados en el mismo momento en que se está aplicando agua (niebla o chorro directo).

Referencias Bibliográficas

- Manual NFPA de Protección Contra Incendios – Editorial MAPFRE NFPA - Cuarta Edición en castellano – 1993.
- Tips Demsa. Edición 2018.

- Seguridad Contra Incendios. DEMSA. Cuarta edición 2020.
- NFPA 10:2018. Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios.
- NFPA 17:2021. Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems.
- Artículo ¿PQS O QS? del Ing. Conrado A. Marin.
- “Química aplicada a la seguridad: agentes extintores de fuego” de Fernando Ignacio de Prada Pérez de Azpeitia.

