

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



**PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA EXTINCION
DEL FUEGO**

JOSE HUERTA CONTRERAS

INGENIERIA QUIMICA

1980



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA
EXTINCION DEL FUEGO**

RESUMEN

- I. INTRODUCCION Y GENERALIDADES**
- II. TIPOS DE FUEGO Y SU EXTINCION**
- III. POLVOS QUIMICOS SECOS**
- IV. ESPUMAS QUIMICAS**
- V. PREVENCION Y EXTINCION DE INCENDIOS**
- VI. CONCLUSIONES**

R E S U M E N

CONTROLAR EL FUEGO ANTES DE QUE SE INICIE UN INCENDIO

La proposición anterior, podría ser el resumen completo de este trabajo monográfico, cuyo objetivo es aclarar como está constituido químicamente el fuego y qué es necesario hacer para que - al servirnos de él, no se convierta en una fuerza inconmensurable que siembre destrucción y desolación entre la humanidad, en vez - de ser uno de los más valiosos servidores de ella.

Por otra parte tiene la finalidad de hacer una exposición de los diferentes tipos de fuego que se pueden presentar en las industrias y la forma de prevenirlos o combatirlos empleando los materiales y equipos actualmente conocidos.

Dada la importancia que presenta en cualquier programa de seguridad la protección de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables, se dan a conocer las especificaciones que deben ser - consideradas en su diseño con el propósito de reducir al mínimo - la probabilidad de un siniestro.

El contenido en general analiza varios factores que son de - primordial interés para el establecimiento de sistemas eficientes de protección contra incendios, los cuales vienen a repercutir en las empresas disminuyendo las pérdidas de bienes y de personas - causadas por incendios.

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

Si el hombre primitivo que un día lejano llevó a su caverna el calor agradable del fuego, hubiera podido conocer las características y por consiguiente las prevenciones que deben tomarse con el fuego para que no se vuelva destructivo, lo habría proyectado como lo hace el hombre contemporáneo a toda una gama de servicios cómodos y dinámicos.

Quizá se exagere al decir que gran cantidad de las comodidades que gozamos y de los adelantos científicos que se han alcanzado hasta la fecha, se deben en gran parte al fuego. Si nos ponemos a analizar con detenimiento la intervención del fuego en nuestra vida, veremos que hay muy pocas cosas que utilizamos en las cuales no ha intervenido el fuego, ya sea en forma directa o indirecta.

El uso constante del fuego, nos ha hecho ver a este elemento con familiaridad, a tal grado que únicamente sentimos temor por el fuego cuando lo vemos destruir. Este caso se presenta -- cuando se pierde el control del fuego por una falta de precaución o simplemente por no conocer las formas de combatirlo.

La evolución e industrialización de las sociedades ha traído como resultado que el hombre maneje cada día sustancias que incrementan su peligrosidad ya sea por su grado de toxicidad o por su inflamabilidad. Para producir estas sustancias, el hombre ha creado plantas con procesos que hacen más peligroso el manejo de éstas durante su elaboración.

Lo anterior representa una gran cantidad de riesgos para las empresas a tal grado que hace un siglo, consideraban que las explosiones, incendios y muertes eran partes del proceso y no se podían evitar. Una muestra de ésto lo tenemos en los incendios de los primeros pozos petroleros, los cuales se dejaban consumir.

La competencia entre las diversas industrias, tendiendo a dar mejores productos a precios más bajos, hizo que se buscara reducir costos, incluyendo todo tipo de pérdidas causadas por explosiones o incendios. Estos motivos, aunados a la tendencia humanitaria de la administración moderna, da como resultado, que en la actualidad se considere de igual importancia la producción, la calidad y la seguridad.

Para prevenir los incendios y explosiones, así como combatirlos eficientemente, se requiere de personal capacitado para hacer frente de inmediato a las emergencias que se presenten, siendo ésto de vital importancia para las plantas que manejan materiales que por su peligrosidad, alto poder explosivo o poco comunes, hace que sean desconocidas sus propiedades para los bomberos municipales.

GENERALIDADES

Una definición simple que se puede dar al fuego es la siguiente:

El fuego es la oxidación rápida de los mate
riales combustibles, con desprendimiento de luz y calor.

Esta definición hace la primera diferencia entre los materiales ordinarios conocidos; mate
riales combustibles y -
materiales incombustibles, se puede decir que todos los mate
riales llegan a quemarse cuando son calentados a suficiente temperatura, pero aún no se ha fijado un límite de temperatura para establecer hasta que punto puede considerarse un material como combustible. En el caso de los líquidos -
inflamables ya se han fijado límites de temperatura para --
medir su peligrosidad.

No obstante lo anterior, en términos generales un mate
riales combustible, es aquel que al oxidarse desprende luz y calor; como materiales no combustibles aquellos que al oxidarse lo hacen lentamente sin desprendimiento de luz y calor, o que no son susceptibles de ser oxidados.

Se ha convenido, al considerar temperaturas clasificar mate
riales las en materiales combustibles y materiales inflamables, -
siendo los materiales combustibles aquellos que tienen su -
punto de desprendimiento de vapores arriba de 93°C como la madera y el papel, materiales inflamables aquellos que aba
jo de 93°C desprenden vapores que en contacto con una fuen
te de ignición provocan fuego.

El componente básico del fuego es dado a conocer por la National Fire Protection Association (N.F.P.A.) como triángulo del fuego siendo sus lados combustible-vapor, oxígeno-aire, energía-calor; la unión de estos tres componentes siempre causará fuego, la desunión de los mismos lo eliminará.

DEFINICIONES BASICAS, PROPIEDADES Y FACTORES QUE AFECTAN A LA COMBUSTION

Punto de desprendimiento de vapores (Flash point).- Es la temperatura más baja de un líquido a la cual desprende el vapor suficiente para formar una mezcla ignicible con el aire cercano a la superficie del líquido. Por mezcla ignicible se entiende una mezcla con su rango de inflamabilidad capaz de efectuar la propagación de flama, aun cuando esté lejana de la fuente de ignición.

Punto de ignición.- La inflamación de un material combustible se lleva a cabo cuando se tiene la cantidad de calor necesario y la temperatura suficiente para iniciar una autocombustión. El fuego no podrá continuar si el calor producido es eliminado más rápidamente de lo que se forma.

Cuando el material combustible está disgregado en forma de partículas, debido a que su masa es pequeña, con poca cantidad de calor se eleva en forma notable la temperatura causando la ignición. Como ejemplo se tiene que un trozo de madera es difícil que inicie la combustión con un cerillo, pero si lo aplicamos a virutas de madera, será suficiente para hacerlas arder.

Donde el material está finamente dividido formando nubes o vapores en el aire, la ignición ocurre con cantidades pequeñas de calor, de aquí el peligro que presentan las atmósferas con gases inflamables o vapores de hidrocarburos. La combustión de estas mezclas se pueden producir por chispas causadas por electricidad estática, la temperatura de una chispa es alta, pero debido al corto tiempo de duración la energía calorífica que produce es pequeña, pero lo suficiente para producir la ignición en condiciones favorables.

Se puede estimar que las temperaturas de ignición de los materiales combustibles están entre 149 y 538°C. En el laboratorio se pueden hacer pruebas para determinar la temperatura de ignición de materiales, notándose en ellos gran variación dependiendo del tamaño de las partículas, el tiempo de aplicación de calor, el aparato con que se verifiquen las pruebas y otros factores.

Por lo anterior se puede deducir que la temperatura de ignición de una sustancia sea sólida, líquida o gaseosa es la temperatura a la que debe ser calentada dicha sustancia para que inicie o cause una combustión independientemente del elemento que proporcione el calor.

Calor.- Es una forma de energía y es el efecto del movimiento rápido de las moléculas que forman la materia.

Temperatura.- Es una forma de medir el calor.

Flama.- Es el desprendimiento de energía por combustión y al mismo tiempo la combustión consume la sustancia productora de

flama.

Las flamas son una reacción química en cadena, en la cual la ignición original ha ocurrido ya.

Humo.- Este se hace presente por una combustión incompleta, ya que pequeñas partículas se vuelven visibles, variando estas en color, tamaño y cantidad, pudiendo impedir el paso de la luz. El humo es también inflamable cuando cuenta con la adecuada proporción de calor y oxígeno, es irritante y además de dañar el aparato respiratorio, provoca en los ojos una irritación - que hace fluir las lagrimas, causando tos y estornudos; su color depende de los materiales que esten quemandose.

A continuación se presenta una tabla con los diferentes colores de flama y las temperaturas que corresponden, asimismo se indica el color del humo y las causas que lo producen.

COLOR DE FLAMA	TEMPERATURA
Rojo visible a la luz del día	515°C
Rojo pálido	1000°C
Rojo naranja	1100°C
Amarillo naranja	1200°C
Amarillo blanco	1300°C
Blanco brillante	1400°C

COLORES DE HUMO

Blanco o gris pálido	Indica que arde libremente.
Negro o gris oscuro	Normalmente indica un fuego caliente y falta de oxígeno.
Amarillo, rojo o violeta	Indica la presencia de gases tóxicos.

Gases.- Los gases son el producto resultante de la combustión y pueden ser tóxicos o no. Los emanados de la combustión son generalmente monóxido de carbono, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre.

Fuego relámpago o Fogonazo.- Es una combustión muy rápida; sólo puede tener lugar:

- a) En sólidos o líquidos muy inflamables que contengan oxígeno suficiente para una combustión completa o casi completa.
- b) Cuando las partículas de un vapor o un polvo combustible están suspendidas en un estado difuso en el aire, lo bastante cerca unas de otras para permitir la propagación de la llama a través de la nube de vapor o de polvo, y sin embargo, lo bastante separadas entre sí para dejar espacio al oxígeno necesario para la combustión. En ambos casos, tiene que existir una fuente de calor de temperatura suficientemente elevada para que se alcance la temperatura de ignición del material.

Intervalo explosivo o rango de inflamabilidad.- Se refiere a las limitaciones definidas de combustibilidad e intensidad de combustión de un vapor o un polvo inflamable mezclado con el aire. Cuando las partículas están separadas y las encendidas por el medio de ignición no propagan la combustión a las más próximas a ellas, se dice que la mezcla es demasiado pobre para la combustión, se dice que no arderá. Cuando las partículas están tan cerca unas de otras que excluyen el oxígeno necesario para la combustión, se dice que la mezcla es muy rica; y no arderá. Las concentraciones o porcentajes en volumen, entre las mezclas más pobres y más ricas que arderán, constituyen el intervalo explosivo.

Entre los límites máximo y mínimo del intervalo explosivo se hallarán diversas fases de combustión lenta y rápida.

Explosión.- Esta se produce cuando los productos de la combustión que resultan en un fogonazo están suficientemente confinados para que aumente mucho y muy rápido la presión.

El incremento de presión que tiene lugar es de carácter -- progresivo, avanzando desde una parte del material que estalla a otra contigua del mismo. El término detonación se aplica a -- una explosión de orden muy elevado, ésto es cuando intervienen velocidades de reacción muy elevadas.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMBUSTION

Humedad.- La humedad atmosférica es un factor de importancia en la combustión de materiales que tienen una alta capacidad de absorción de humedad, tales como madera o papel, pero tienen un -- efecto muy pequeño en materiales no miscibles con ella tales como la gasolina o aceites. Esto se debe a que los materiales que tienen la propiedad de absorber agua, su capacidad calorífica es aumentada por presencia del agua que tiene una alta capacidad calorífica, por lo que se requiere mayor cantidad de calor para aumentar la temperatura y aun así para elevarla demasiado es necesario evaporar la humedad del material.

Temperatura.- La temperatura es un factor que influye en la combustión ya que es una reacción química y como tal se comporta -- ya que la velocidad de reacción es más rápida al aumentar la temperatura.

La aceleración de la combustión por el aumento de temperatura va produciendo a su vez temperaturas cada vez más altas, pero este aumento tiene un límite que depende de varios factores. Cuando aumenta la temperatura, el calor es disipado por radia- -

ción principalmente de acuerdo con la ecuación (*) empleándose una gran cantidad de calor en calentar el nitrógeno del aire del área de combustión, habiendo un límite teórico de temperatura, que es - la temperatura de la flama.

Las temperaturas de flama en un fuego varían entre 1749°C y - 2760°C pero las temperaturas efectivas medidas por el punto de fusión de metales y otros efectos del calor muestran que están alrededor de 1749°C y normalmente son menores.

Presión atmosférica.- La influencia de la presión atmosférica va - de acuerdo con el hecho de que mientras mayor sea la presión mayor será la cantidad de oxígeno que habrá cerca del fuego, así que al nivel del mar los combustibles arden con mayor facilidad y la variación de la rapidez de combustión, no es muy notoria hasta la altura de 2000 metros sobre el nivel del mar, donde empieza a decrecer rápidamente la concentración de oxígeno y se cumple lo antes - dicho.

Velocidad del aire.- La velocidad del viento sobre una área de fuego tiene gran influencia en la combustión, pues al aumentar la velocidad del aire, aumenta la cantidad de oxígeno con lo que se incrementa la velocidad de la combustión, pero al mismo tiempo, el viento enfria y puede llegar a apagar el fuego.

Agentes oxidantes.- Hay sustancias que al ser calentadas se descomponen produciendo oxígeno (algunos nitratos, cloratos, peróxidos), que vienen a incrementar la combustión.

Acción catalítica.- Existen sustancias que cuando están presentes en una reacción química, aún en pequeñas cantidades aumentan la velocidad de la reacción y en otros casos la disminuyen. La combustión, como reacción química sigue estos principios, así que hay -

substancias en algunos casos que por su presencia accidental disminuyen la temperatura de ignición del material, dando un margen de seguridad mucho mayor, hay otros que se inflaman espontáneamente a temperaturas ambiente como el sulfuro ferroso y el fósforo blanco.

Las temperaturas de ignición observadas bajo ciertas condiciones pueden ser superficialmente cambiadas mediante una variación y debido a ésto, las temperaturas de ignición solo se pueden tomar como una aproximación.

TEMPERATURAS DE IGNICION DE SOLIDOS COMUNES

Pedazos de pino corto	230°C
Pedazos de pino largo	235°C
Pino blanco	265°C
Papel periódico	235°C
Algodón absorbente	267°C
Viscosa de rayón	280°C
Cobijas de lana	205°C

TRANSMISIONES DEL CALOR

Tres son los tipos fundamentales de transmisión del calor: Conducción, Convección y Radiación.

1. Conducción es la transmisión del calor de una parte a otra de un mismo cuerpo o de un cuerpo a otro con el que está en contacto físico, sin que se produzca un desplazamiento apreciable de las partículas del cuerpo.
2. Convección es la transmisión del calor de un cuerpo a otro en un fluido gas o líquido, mezclandose una proporción del fluido con la otra. En la convección natural, el movimiento del fluido es por entero el resultado de las diferencias

de densidad ocasionadas por las diferencias de temperatura; en la convección forzada, el movimiento se produciría por medios mecánicos.

3. Radiación es la transmisión de calor de un cuerpo a otro, con el que no está en contacto por medio del movimiento de las ondas en el espacio.

EXPRESIONES MATEMATICAS

Si un cuerpo tiene varias temperaturas, la cantidad de calor que fluye por conducción de la zona más caliente a la menos caliente será:

$$\frac{Q}{\theta} = \frac{K}{d} A (t_1 - t_2)$$

En la que:

$\frac{Q}{\theta}$ = es el calor transferido por unidad de tiempo

K = es el coeficiente de conductividad térmica - - -
kcal/mh°C

d = es la distancia de la transmisión

($t_1 - t_2$) = es la diferencia de temperatura

Si dos fluidos separados por una pared, tienen temperaturas diferentes, la cantidad de calor que fluye por convección:

$$\frac{Q}{\theta} = K A (t_1 - t_2)$$

En la que:

$\frac{Q}{\theta}$ = es el calor transferido por unidad de tiempo

K = es el coeficiente de transmisión de calor - - -
kcal/mh°C

A = es el area de transmisión

($t_1 - t_2$) = es la diferencia de temperaturas

La cantidad de calor que se irradia de un cuerpo al espacio que lo rodea es:

$$\frac{Q}{\theta} = C A \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad \text{--- (*)}$$

En la que:

$\frac{Q}{\theta}$ = es el calor transferido por unidad de tiempo

C = es la constante de irradiación kcal/mh°C

T₁ y T₂ = son las temperaturas absolutas

A = es el área de transmisión

RIESGO DE INCENDIO EN LOS LIQUIDOS Y GASES INFLAMABLES

Substancias	Punto de	Punto de	Intervalo		Densidad del Vapor aire=1
	Inflamabilidad	Ignición	Explosivo %	%	
	°C	°C	Bajo	Alto	
Acetato de etilo	-4.4	426	2.2	11.15	3.04
Acetona	-18.0	465	2.6	12.80	2.00
Alcohol amílico	38.0	371	1.2	10.00	3.04
Alcohol metílico	11.0	426	6.0	36.50	1.11
Alcohol etílico	13.0	371	3.5	19.00	1.59
Acetileno	Gas	335	2.5	90.00	0.91
Benceno	-11.0	537	1.5	8.00	2.77
Sulfuro de carbono	-30.0	100	1.0	50.00	2.64
Eter etílico	-45.0	180	1.85	36.50	2.56
Etano	Gas	509	3.20	12.50	1.05
Cloruro de etilo	-50.0	518	3.70	12.00	2.22
Etileno	Gas	449	2.75	28.60	0.97
Formaldehído	54.0	430	7.00	73.00	1.03
Gasolina (autos)	-43.0	257	1.30	6.00	3.50
Hexano	-26.0	260	1.20	6.90	2.97
Hidrógeno	Gas	584	4.10	74.20	0.07
Sulfuro de hidrógeno	Gas	260	4.30	46.00	1.19
Metano	Gas	537	5.30	14.00	0.55
Propano	Gas	466	2.37	9.50	1.56
Butano	-60.0	430	1.60	8.50	2.05
Pentano	-40.0	309	1.45	7.50	2.48
Tolueno	4.4	552	1.27	7.00	3.14

CAPITULO II

TIPOS DE FUEGO Y SU EXTINCION

Los incendios se han dividido en tres tipos principales de acuerdo con su origen y el método de extinción que debe emplearse:

Incendios clase "A". Son aquellos en los que el fuego deja residuos carbonosos y brasas. El fuego de esta clase se caracteriza porque agrieta el material, deja cenizas y se propaga de afuera hacia dentro. Estos fuegos desarrollan una gran cantidad de calor y para combatirlos se requiere enfriar los materiales, lo cual aunado a la cualidad de agrietamiento hace que se emplee frecuentemente agua o compuestos que contengan un gran porcentaje de agua con objeto de empapar el material encendido bajando con ésto su temperatura de combustión. Como ejemplos de estos incendios, tenemos los originados por madera, telas, estopa, pastos, basura, etc.

Incendios clase "B". Son los producidos en aceites, grasas, líquidos inflamables, etc. La característica principal de este tipo de incendio es de que se llevan a efecto en la superficie de los líquidos, por lo tanto para combatirlos se debe eliminar el oxígeno en contacto con la superficie que se está quemando.

Específicamente se combaten estos incendios ahogándolos con una capa de espuma o de gas

inerte que impiden ambos el acceso del oxígeno al foco del incendio. El polvo químico es bastante efectivo para estos casos.

Incendios clase "C". Son los incipientes en aparatos o instalaciones eléctricas. Aunque este tipo de incendio se origina en materiales sólidos o líquidos, ha merecido clasificación especial por el peligro que implica la corriente eléctrica, pues de no emplearse los medios adecuados de extinción, se corre el peligro de recibir una descarga eléctrica.

Para su extinción se emplean agentes no conductores de electricidad, tales como el polvo químico o el bióxido de carbono.

Existe una nueva clasificación recientemente adoptada que comprende todos aquellos materiales combustibles que al estar en ignición, desprenden su propio oxígeno o bien que los agentes extintores ordinarios, en especial el agua producen una reacción violenta.

Como ejemplos tenemos el magnesio, sodio, litio, potasio, zirconio, etc.

EXTINCION DEL FUEGO

Enfriamiento. Es lo más usual en caso de incendio de combustibles comunes, el medio más efectivo de extinción es eliminar el calor del combustible, con lo que se reduce la evaporación hasta que el fuego se extingue.

Para poder apagar un fuego por enfriamiento es necesario absorber una pequeña proporción del calor total del incendio.

Se apagará cuando la superficie del material incendiado se enfríe a un punto en que no deje escapar suficientes vapores para mantener una mezcla o rango de combustión en la zona del fuego. Para comprobarlo, cuando el agua llega a la superficie del material incendiado, el fuego se extingue con menos agua de la que se requiere teóricamente para absorber el calor. Prácticamente sería imposible extinguir un fuego extenso si su extinción dependiera de la absorción del calor general.

La eficiencia del agente extintor como medio de enfriamiento, depende de su calor latente y específico. El agua es el mejor agente enfriador.

Generalmente se puede obtener en suficientes cantidades y la cantidad de calor que absorbe cuando cambia de líquidos a vapor es 10 veces mayor que la de cualquier otro agente extintor.

El calor se disipa en un incendio por conducción, radiación y convección, proporcionalmente, así como por absorción del agente enfriador. Cuando se usa el agua apropiadamente, se puede lograr apagar el fuego con un consumo menor de agua, de la que normalmente se requeriría.

Es un procedimiento estandar ventilar un incendio como ayuda para controlar. Por este medio, los productos de la combustión incluyendo calor se eliminan del área del fuego y al mismo tiempo, parte de los vapores que no se han quemado se alejan del fuego. También la ventilación ayuda a combatir porque elimina el calor y humo de la atmósfera, especialmente en los niveles bajos y al mismo tiempo reduce las oportunidades de una explosión por la acumulación de vapores.

Sofocamiento. La extinción por separación del agente oxidante, se consigue cubriendo o sofocando el fuego.

El dióxido de carbono, espuma, tetracloruro de carbono y otro vapor o líquido incombustible que cubra la superficie del material incendiado evitará que el oxigeno llegue al combustible y éste se apagará.

El polvo químico rompe la reacción en cadena y algunos de ellos hacen una costra en la superficie que evita la emanación progresiva de vapores. Si se deja la cubierta el tiempo suficiente para que el material combustible se enfrie más abajo del punto de ignición, se mantendrá apagado.

Separación. Esta se logra por medio del retiro normal o automático del combustible.

CANTIDAD DE AGUA TEORICA PARA COMBATIR UN INCENDIO

El agua actualmente sigue siendo el agente extintor más poderoso y a la vez económico con que contamos. Su aplicación provechosa fué incrementada grandemente al modificar su uso de chorro sólido a neblina. Es bien sabido que el cambio logró que del 10% que se aprovecha en chorro directo ahora pueda aprovecharse el 90% de las propiedades extintoras del agua.

De acuerdo con los estudios que se han realizado en relación al uso de la neblina a continuación se dá un ejemplo o forma de calcular la cantidad de agua que el incendio está necesitando para contrarrestar el calor y llegar al punto crítico en que el agua va a extinguirlo. Cualquier cantidad inferior a la necesaria es un magnífico elemento de control o de extinción parcial, pero se tiene -- que agregar agua o material con capacidad enfriante en cantidad superior a las unidades térmicas o cantidad de calor que está --

resultando de la combustión para apagar el fuego.

La magnitud de un incendio estará dada por tres factores principales:

1. La concentración por unidad de superficie de los materiales combustibles (Kg/m)
2. La clase de combustibles involucrados (A o B principalmente)
3. La superficie total que abarca el incendio

Concentración de combustibles por unidad de superficie, para combustibles "A" tenemos las siguientes cifras promedio.

Caso 1 Mínimo	24.41	Kg/m
Caso 2 Medio	122.00	Kg/m
Caso 3 Máximo	342.00	Kg/m

Para clases de combustibles involucrados, tomando únicamente combustibles sólidos clase "A" se tienen los siguientes promedios.

Caso 1 Mínimo	3945	Kcal/Kg
Caso 2 Medio	4445	Kcal/Kg
Caso 3 Máximo	5389	Kcal/Kg

Como superficie del incendio escogemos para este ejemplo una superficie arbitraria de 185.8 m .

Se supone que el combustible arderá en un tiempo que tenemos que fijar ya que no ocurre instantáneamente como en una explosión.

Al fijar un tiempo, se podrá distribuir las unidades térmicas - que resultan de la combustión y saber el calor resultante del incendio por cada minuto.

Si el combustible arde libremente hasta consumirse durante 4 horas el calor desarrollado será:

Caso 1 Mínimo	96304	Kcal/m
Caso 2 Medio	542300	Kcal/m
Caso 3 Máximo	1843380	Kcal/m

Para cada minuto se tendrá:

Caso 1 Mínimo	401	Kcal/m ² min
Caso 2 Medio	2259	Kcal/m ² min
Caso 3 Máximo	7680	Kcal/m ² min

Determinando estos valores se puede calcular la cantidad de agua por minuto que se requiere para absorber el calor.

Si 1 Kg de agua absorbe 539.5 Kcal desde su fase líquida a temperatura ordinaria hasta convertirse en vapor, tendremos que habrá que agregarse una cantidad mayor a las indicadas a continuación para superar el desarrollo o liberación de calor y enfriar propiamente los combustibles abajo de sus temperaturas de ignición.

Si el agua se aprovechara al 100%

Caso 1 Mínimo	0.744 litros de agua/m min
Caso 2 Medio	4.190 litros de agua/m min
Caso 3 Máximo	14.24 litros de agua/m min

Considerando el área de 185.8 m y que el agua se aprovecha al 90% en forma de neblina y 10% como chorro directo, obtiene el siguiente juego de valores para esta superficie:

Caso 1 (concentración mínima) usando niebla	153.6 lt/min
Caso anterior usando chorro directo	1382.0 lt/min
Caso 2 (concentración media) usando niebla	865.0 lt/min
Caso anterior usando chorro directo	7785.0 lt/min
Caso 3 (concentración máxima) usando niebla	2939.0 lt/min
Caso anterior usando chorro directo	26450.0 lt/min

De lo anterior se obtienen 12 factores para que calculando el área o superficie de un incendio en un momento dado y estimando si la concentración de combustibles sólidos es mínima, media o máxima se pueda conocer la cantidad mínima de agua que requiere el incendio en forma de neblina o de chorro directo.

METROS CUADRADOS DE INCENDIO POR (RESULTADO LT/MIN)

CONCENTRACION	NIEBLA	CHORRO DIRECTO
Mínima	0.83	7.44
Media	4.66	41.90
Máxima	15.82	142.36

Como se puede observar, existe una gran diferencia entre la cantidad de agua necesaria para la extinción de un fuego cuando se aplica en forma de chorro directo o niebla. Esto es debido a la relación que existe entre la absorción de calor y la superficie expuesta, a mayor superficie, mayor absorción de calor, si comparamos la superficie que presente un chorro sólido de agua, con la que tendrá la superficie con esa misma cantidad de agua aplicada en forma de gotas - veremos que hay más superficie en éstas últimas, lo que quiere decir que se absorberá más calor en un mismo lapso de tiempo y se logrará un enfriamiento más rápido.

Aún en el caso de incendios clase "C" para los cuales el agua en forma de chorro es prohibida, en forma de neblina puede emplearse dada la discontinuidad eléctrica existente entre las gotitas que la forman.

La propiedad fundamental del agua como agente extintor es la de enfriar al absorber el calor, por ello y para mejorarla o darle nuevas propiedades, la tecnología ha encontrado que algunos aditivos al ser agregados a ésta, mejoran o agregan nuevas propiedades extintoras.

ADITIVOS QUE DAN NUEVAS PROPIEDADES AL AGUA

Dentro de este grupo se tienen tres divisiones:

A. Los que dan características retardantes a los combustibles los cuales llevados por el agua, se depositan como son algunos gelatinizantes y los inhibidores como las sales de borax.

Esto hasta la fecha no ha podido aprovecharse en forma comercial o práctica y por lo mismo no existen en el mercado productos con estas propiedades.

B. Los que dan características al agua de flotar en los combustibles líquidos, dentro de esta clasificación están incluidas las espumas proteínicas polares y no polares que por su retención prolongada de aire hacen que floten sobre los líquidos.

Los surfactantes que dan al agua la propiedad de inhibir la tensión superficial de los líquidos inflamables permitiendo que la película cubra continuamente al combustible líquido impidiendo su evaporación y su contacto directo con el aire produciendo una sofocación. Esta propiedad es más efectiva que las espumas, ya que se forma una película continua y permanenete la cual es difícil de romper.

El agregado comercial concentrado que da estas características al agua se ha llamado agua ligera y su fabricante es la compañía 3M, aunque su costo es elevado tiende a reemplazar a las espumas proteínicas normales en el combate de grandes incendios de líquidos inflamables.

ADITIVOS QUE MEJORAN LAS CARACTERISTICAS DEL AGUA

A. Los humectantes que mejoran las características de penetración o de capilaridad del agua en los sólidos.

Esta propiedad mejora la capacidad del agua como agente extintor de fuegos de clase "A", al permitir a ésta penetrar profundamente en menos tiempo.

Un ejemplo clásico son los fuegos de materiales combustibles empacados como trapos de desperdicios, estopas, papel y algodón.

A este agente se le ha dado el nombre de agua mojada y existen muchas marcas comerciales, usándose en extinguidores y sistemas hidráulicos.

B. Los anticongelantes cuyas propiedades de bajar la temperatura de congelación impiden el problema que hay en lugares fríos de que el agua esté congelada en el momento que se desea usar para un incendio.

Se usa principalmente en extinguidores a los que se denominan de "chorro cargado". El compuesto principal que da estas propiedades al agua es el cloruro de calcio.

C. Los agregados contra la fricción. Se sabe que el cálculo hidráulico de un sistema requiere conocer las pérdidas que por fricción se tienen y que obliga a tener bombas más potentes y manejar mangueras más pesadas.

Se ha comprobado que el agua al viajar por las tuberías a grandes velocidades y presiones lo hace en forma turbulenta y ofreciendo resistencia.

Se encontró que agregando en dosis muy pequeñas óxido de polietileno al agua, éste formaba una red interminable de miles de moléculas para estructurar una molécula gigante en forma de celdillas o pequeños recipientes unidos entre sí. Al mover el agua con este agregado o armazón interno, el flujo del agua era laminar lo cual disminuía las pérdidas de presión por fricción.

CAPITULO III

POLVOS QUIMICOS SECOS

NOTA HISTORICA

El desarrollo de los polvos para la extinción del fuego se inició hace unos 45 años; el primer dispositivo, era un recipiente cónico lleno de una mezcla de polvos que consistía en su mayor parte de bicarbonato de sodio con una proporción de 12 a 15% de borax - - (tetraborato de sodio) y estearatos como repelentes a la humedad, este aparato por presión interna lanzaba el polvo por una boquilla insertada en el mismo.

Posteriormente en los Estados Unidos en 1920 se produjo otro - tipo de aparato que era un recipiente cilíndrico con bicarbonato y estearatos que tenían adjunto un cartucho de dióxido de carbono a - presión, el cual pasaba este gas al cilindro principal por medio de una válvula, más tarde en 1928 se hicieron aparatos que tenían man- guera con boquilla aplicadora.

La primera teoría acerca del poder de extinción de los polvos fué que éstos podían "barrer" el fuego de la superficie que ardía y que entre más fuerte y compacto era el chorro trabajaba mejor.

En 1943 se hizo un verdadero adelanto dando al polvo una gran finura y empleando boquillas de salidas planas o cónicas, con esto se elevó aproximadamente un 50% la eficiencia de extinción. Poco - después se diseñaron aparatos con un dispositivo de perforación, en vez de válvula, para dar paso a la presión del cartucho.

Con la experiencia, la teoría de la extinción se amplió consi- derándose que los bicarbonatos al descomponerse en carbonatos, dió-

xido de carbono y vapor de agua, enfriaban y diluían los vapores del combustible, con lo cual se apagaban las llamas.

A partir de 1950 diversos fabricantes estudiaron y mejoraron -- los aparatos así como las características de los polvos; las investigaciones de laboratorio y las experiencias de campo han dado nuevas luces sobre la teoría de la extinción mediante los polvos químicos y a la preparación de nuevos tipos de éstos.

AGENTES QUIMICOS SECOS

Para apagar un fuego en una emergencia, puede usarse cualquier polvo que no sea susceptible de entrar en combustión, tales como la arena, talco, cemento y otros semejantes. Sin embargo las propiedades físicas de estos polvos sólo permiten la formación de una nube o malla que no deja pasar momentáneamente las llamas.

Entre los materiales naturales existen algunos que tienen mayor eficiencia para apagar el fuego por su capacidad de dispersión y enfriamiento, estas substancias han sido mejoradas en su poder - de extinción dándoles determinados grados de finura y con el agregado de aditivos.

Un agente químico seco es un preparado en polvo que tiene proiedades físicas y químicas que le permite apagar con eficiencia - un fuego, ésta se determina por las relaciones entre la cantidad - de fuego apagado y las unidades de peso del agente extintor empleado.

Los polvos extintores tienen efectos físicos y químicos, de ahí que se hallan llegado a clasificar como polvos secos (Dry Powder) y químicos secos (Dry Chemical), dado el adelanto en su fabricación, esta clasificación va perdiendo importancia.

La importancia técnica real de los agentes químicos secos reside en su capacidad para interceptar la cadena de activación del fuego. - Los principales tipos de polvos comerciales son los siguientes:

1. Los constituidos a base de bicarbonatos de sodio o potasio que pueden tener como agregados sales del ácido esteárico, fosfato tricálcico y polímeros del tipo silicones.
La descomposición de estos polvos al ser aplicados producen bióxido de carbono y vapor de agua, tienen efectos sofocantes, no conducen la electricidad y bloquean las reacciones de combustión.
2. Los polvos de propósito múltiple, constituidos por una base de monofosfato de amonio con otros agregados. Se aplican a los fuegos A, B y C. Además de tener los mismo efectos de los polvos de bicarbonatos tienen además otro de fusión y de adherencia a las superficies y son más aislantes que aquellos.
3. Los preparados con derivados del ácido bórico, como son los boratos de calcio, de sodio y de potasio, así como los llamados borosilanos. Estos polvos son apropiados para incendios forestales.
4. Los de base de cloruro de potasio y sulfato de potasio, que tienen un alto poder de extinción muy buena penetración por su densidad y gran compatibilidad con las espumas.
5. Los que son del tipo orgánico, preparados con urea y bicarbonatos, que tienen la propiedad de disgregarse en partículas hasta de 0.01 de micra, al entrar al fuego y presentar una gran superficie, aumentando así su poder de extinción.
6. Los que forman geles con el agua por efecto de polimerización y se adhieren a las superficies bloqueando el oxígeno del aire.

7. Los polvos secos empleados contra fuegos de metales, elaborados con partículas finas de coke y un fosfato orgánico; mezclas de cloruro de sodio, fosfato tricálcico y estearatos; pizarra granulada con alquitrán y cloruro de amonio. Estos polvos tienen poder enfriador y no son conductores de la electricidad.
- Para la extinción de un fuego se debe seleccionar técnicamente el tipo de polvo que más convenga, según los materiales expuestos al riesgo de incendio.

Cuando se lanza un chorro de polvo químico contra las llamas éste hace penetrar en ellas, por arrastre, una corriente de aire que aumenta momentáneamente su tamaño y su intensidad, este efecto inicial se ha llamado "fenómeno de llama" y debe ser considerado.

EFFECTOS UTILES

Los principales efectos que deben obtenerse de un polvo químico son:

- a). Que el polvo o sus productos de descomposición térmica intercepten o se combinen con los grupos moleculares o radicales libres que se forman.
- b). Que tenga una penetración suficiente en las llamas.
- c). Que se absorba el calor o se desvíe por efecto de pantalla ó arrasa- flamas.
- d). Que pueda realizar la adsorción y cubrimiento sobre las superficies que arden.

MEZCLA DE POLVOS

Al hacer mezclas de diferentes polvos extintores pueden causarse algunos problemas en su aplicación y una disminución de su actividad, por ejemplo:

- a). Provocar reacciones químicas que causen disminución del poder extintor de los polvos, aumentos de presión en los aparatos - extintores y formación de apelmazamiento, grumos y costras - en su interior y en mangueras y boquillas.
- b). Fallas en el flujo de polvo por la diferencia de forma, peso y tamaño de las partículas.
- c). Errores sobre la capacidad nominal de los extinguidores.
- d). Interferencias en la acción extintora de cada tipo de polvo - de la mezcla al ser aplicados.
- e). Corrosión de los aparatos extinguidores o de sus partes.

Casi todos los polvos son mezclas de productos diferentes, pero han sido proporcionadas, controladas y experimentadas adecuadamente para ser puestas en uso con eficiencia tal que cumplan con su máxima capacidad de extinción.

APARATOS EXTINGUIDORES

Los extinguidores de polvos se construyen desde pequeños de 1 kilogramo hasta recipientes de varias toneladas montados en vehículos motorizados. Los que son de tipo manual pueden ser de -

presión permanente o con un cartucho adjunto, los de carros o carretillas de dos ruedas tienen por lo regular un recipiente de presión anexo y de mayores capacidades se diseñan de acuerdo con el uso a que se destinan.

Las graduaciones o ratings que indican las capacidades de extinción de los aparatos se hacen con referencia a una base que es un fuego estandar al que se le fija un valor unitario. Para el caso de fuegos de hidrocarburos o sea del tipo "B", el grado 1B corresponde a un aparato de capacidad suficiente para apagar el fuego en un recipiente abierto que tenga 2.5 pies cuadrados de superficie y que tenga una capa de gasolina de dos pulgadas, sobre el espesor de agua de 4 pulgadas.

Esta prueba se hace dando un tiempo de pre-encendido de 1min de acuerdo con esa base se fija la graduación de los aparatos, la cual puede ser diferente en aquellos que tengan mayor o menor calidad.

Todo extinguidor debe dar una velocidad de salida al polvo, suficiente para penetrar en las llamas y que suministre el volumen necesario ya que un chorro lento no es efectivo por dar la facilidad al material combustible de una re-ignición.

ESPECIFICACIONES

Para la selección de un polvo químico seco deben fijarse especificaciones, que el fabricante o el proveedor cumplan invariablemente.

Las principales características que deben especificarse son:

1. Tipo de agente químico
2. Tamaño de partícula
3. Densidad
4. Absorción de humedad
5. Resistencia a la temperatura
6. Volumen específico
7. Área específica de contacto
8. Fluidéz
9. Compatibilidad con espumas
10. Toxicidad
11. Conductividad eléctrica
12. Corrosividad
13. Abrasión

SISTEMAS FIJOS DE POLVO QUIMICO

Los sistemas fijos de polvos químicos presentan en su diseño problemas análogos a los que tienen las líneas de agua o de gases a presión, con un problema especial que es el de fluidización del polvo de acuerdo con su densidad y tamaño de partículas.

La teoría es semejante a la que se aplica para el transporte neumático de sólidos.

La fluidización es la suspensión de una cierta cantidad de partículas en un volumen unitario de gas a fin de que haciendo una mezcla uniforme pueda circular dentro de una tubería.

Para comprender en que consiste, se puede imaginar una columna tubular llena de polvo hasta un determinado nivel, si se hace entrar aire por el fondo de la columna éste circulará entre los poros de polvo, pero a medida que se aumenta su presión empezará a causar una relativa pérdida de peso por empuje de las partículas, si la presión con la cual circula el aire se aumenta, entonces las partículas se desplazarán adquiriendo energía de movimiento originando un efecto semejante a la ebullición del agua.

Si en las condiciones descritas se abre una salida en el tubo, saldrá de él una corriente con la mezcla polvo-gas.

Cuando una suspensión polvo-gas circula por una tubería, puede suceder que siendo las partículas muy pequeñas formen aglomerados que cambien la densidad efectiva del fluidizado; igualmente - las compresiones y depresiones que puedan deberse a codos, uniones y otros accesorios hacen que haya formación de grumos o precipitaciones del polvo de suspensión.

En los sistemas de polvo el primer problema es fluidizarlo adecuadamente en el depósito principal, produciendo una capa con ebullición suficiente sin tener que dar presiones excesivas que provoquen la formación de aglomerados y que varíen la uniformidad y la densidad del fluidizado.

El cálculo de la corriente de gas que debe usarse es complicado, porque hay que determinar para el depósito las pérdidas de presión del gas al pasar el lecho de polvo, las presiones necesarias para mover el polvo así como la energía total por unidad de peso que debe darse para impulsar las partículas.

Los datos usuales son:

La máxima densidad del lecho, la porosidad mínima, su altura y las condiciones del aire a la temperatura y presión que se vayan a emplear.

Por otra parte deben determinarse las pérdidas de presión en los ductos y las condiciones de gasto en las boquillas, el cual debe corresponder a las condiciones y cantidades en que se pueda producir el fuego. En esto es importante prever que la mezcla sea correcta y no vaya a tener exceso de gas o escases de polvo.

En la práctica debe procurarse que los accesorios queden distanciados y sean los menos posibles así como también alinear los ductos para evitar cambios continuos de dirección al flujo, las velocidades de circulación deben estar dentro de ciertos límites y de acuerdo con los diámetros para no causar separación o precipitación del polvo.

COMBINACION POLVOS ESPUMAS

Los polvos tienen capacidad para extinguir las flamas, pero no llegan a tener un poder de enfriante con la permanencia que en ocasiones se requiere. El empleo combinado de los polvos con espumas mecánicas o químicas ha sido estudiado para llegar a obtener efectos posibles.

El ensayo con espumas mecánicas mostró que los polvos de bicarbonatos con estearatos rompían las burbujas, especialmente en presencia de hidrocarburos. Se observó que al cambiar las sales del ácido estearico por compuestos de silicio se tenían buenas compatibilidades con soluciones de proteínas dosificadas de 3% a 6%. Con -

las espumas químicas la compatibilidad es mejor que con las mecánicas.

Las pruebas de extinción combinadas han llevado a la conclusión de que el mejor sistema para hacer la aplicación es que primero se aplique el polvo para ir extinguiendo las llamas de la superficie en ignición y de inmediato se aplique la espuma, haciéndola correr sobre ésta hasta lograr una capa estable y de espesor conveniente.

En la actualidad los fabricantes de polvos compatibles indican la proporción de los concentrados de espuma y sus dosificaciones así como las cantidades de polvo y los aparatos para aplicarlos. Estas indicaciones deben ser bien ejecutadas para que los tiempos de control de fuego y su extinción total sean óptimos.

Los polvos también se emplean en incendios forestales combinando su acción con la del agua, ya que ésta tiene el mayor poder enfriante dado su alto calor específico.

Para apagar un fuego determinado, empleando separadamente polvo y espuma se emplean siempre cantidades prácticamente fijas de cada uno, pero cuando se usan combinados se registran menores cantidades respectivamente y menores tiempos de apagado, asegurándose además contra la reignición.

CAPITULO IV

ESPUMAS QUIMICAS

NOTA HISTORICA

Johnson en 1877, hizo la primera sugerencia para utilizar la espuma como agente extintor de incendios, por medio de una patente inglesa según la cual el propósito de dicha invención era formar con materiales calcáreos silícicos o aluminicos u otros análogos, un compuesto viscoso, incombustible y de una densidad baja - en consecuencia de su condición espumosa que le permitiera flotar sobre la superficie de materiales como el petróleo, asimismo para cubrir objetos sólidos de modo que se suspendiera súbitamente la combustión y se previera la reignición que pudiera ocasionarse -- por la proximidad de las llamas. Johnson describía su aparato como una unidad formada por cuatro recipientes intercomunicados, el primero contenía ácido clorhídrico, el segundo una solución de bicarbonato de sodio sobre saturado, el tercero una solución de sulfato de aluminio, sodio y amonio; el cuarto una solución de silicatos alcalinos a los que se agregaba materia orgánica como jabón o materias albuminoideas.

Para operar el extinguidor la botella con ácido se invertía en el recipiente con la solución de bicarbonato de sodio con lo que se aumentaba la presión del aparato; el bióxido de carbono generado y el exceso de bicarbonato penetraban en la tercera cámara el contenido de la cual pasaba a la cuarta cámara, la mezcla espumosa resultante era descargada por una manguera con chiflón en la punta.

Este trabajo aparentemente no fué desarrollado y el crédito para los experimentos originales con espumas para combatir incendios -- se concedió a Laurent quién en 1905 demostró la extinción de un fuego de nafta en un tanque de 10 metros de diámetro, con espuma generada a partir de dos soluciones, una conteniendo bicarbonato de sodio junto con saponina usada como estabilizador y la otra conteniendo -- sulfato de aluminio. Las soluciones se alimentaban separadamente usando dos bombas gemelas a una cámara de mezclado en el tanque donde reaccionaban antes de caer en la superficie del líquido. Laurent su girió que la espuma podría obtenerse también añadiendo directamente al agua un polvo formado por las substancias mencionadas antes.

Por el año de 1903 E. Gotes patentó un método para extinguir in cendios usando espuma mecánica. Propuso un recipiente conteniendo -- una solución de jabón de aluminio con borax disuelto o bien sulfato de aluminio conectado a un cilindro con amoniaco, nitrógeno o bióxido de carbono.

El gas forza la solución fuera del recipiente y en una copa se burbujea gas para formar la espuma, las sales presentes en la solución jabonosa hacen el producto resultante más resistente al fuego.

DESARROLLO DE LA ESPUMA QUIMICA

Al parecer no hubo aplicación práctica de los primeros trabajos sino hasta 1912, cuando el equipo de espuma del tipo usado por Laurent fué introducido a Inglaterra para el uso de los cuerpos de bomberos. El aparato empleaba dos tanques, uno conteniendo una so lución de 13% de sulfato de aluminio y la otra una solución de 8% de bicarbonato de sodio y 3% de saponina, orozuz o aceite rojo tur co como agente estabilizador de la espuma. Se emplearon además sis

temas fijos como los descritos para proteger tanques de almacenamiento de derivados del petróleo.

R. M. Urquhart diseñó un dispositivo para introducir polvo es umógeno directamente al chorro del agua por medio de una tolva -- que portaba la mezcla de polvo seco, éste pasaba por una garganta a un inyector por donde pasaba el agua a presión, ésto producía de una manera práctica lo que Laurent sugirió anteriormente.

Se desarrollaron otros tipos variados de generadores de espuma por Barmeister, Graff, Timpson y otros más.

Comenzando con la saponina se han propuesto una amplia gama - de agentes estabilizadores de la espuma, incluyendo extractos de plantas, proteínas hidrolizadas y compuestos sintéticos. Se han otorgado numerosas patentes para diferentes sustancias, por ejemplo G. J. Money y W. B. Philips para el orozuz, L. B. Van Leuven pa ra la saponina y extracto de quebracho, Urquhart con proteína de - soya, W. W. Walker para residuos de licor de sulfito de celulosa, - Kent Chapman y Daimber para compuestos sulfonados, y Berhausen pa ra extracto de alfalfa.

Hasta la segunda guerra mundial, la mayoría de las espumas u saban extractos vegetales como estabilizadores principalmente oro zuz y saponina, debido a los altos costos la saponina se ha substi tuido por otros extractos, sobre todo por subproductos de la indus tria del papel o por proteínas hidrolizadas.

En general la expansión de la espuma producida por los varia dos sistemas empleados actualmente varía de 8 a 1 hasta 16 a 1, ba sados en la solución o agua empleada.

ESPUMA QUIMICA DE BAJA TEMPERATURA

Las espumas que se han mencionado antes sólo trabajan correctamente a temperaturas normales, a temperaturas inferiores a cero grados centígrados la reacción entre el bicarbonato de sodio y el sulfato de aluminio es muy lenta para ser efectiva.

Para uso a bajas temperaturas Mork sugiere el uso de bicarbonato de amonio y acetato de sodio, Thomas y Hochwalt emplearon carbonato de potasio y ácidos sulfónicos halogenados, se han presentado fórmulas con bicarbonato de potasio y cloruro de aluminio pero no son muy empleadas.

ESPUMA QUIMICA RESISTENTE A LOS ALCOHOLES

Aún cuando la espuma química tiene una excelente estabilidad en contacto con los fuegos en gasolina y otros hidrocarburos, ésta se rompe fácilmente en presencia de alcoholes y otros disolventes polares; La adición de ácidos grasos saturados a una espuma química le imparte estabilidad, debido a la formación de un jabón insoluble de aluminio en las paredes de las burbujas. Ratzler emplea jabón alcanolamino dispersado coloidalmente con lecitina.

DESARROLLO DE LA ESPUMA MECANICA

Al tiempo que Gates y Laurent describían métodos dedicados a la producción de espuma mecánica en sus experimentos preliminares la aplicación comercial de este tipo de extinguidores no creció hasta que la espuma química se utilizó en gran escala.

Por la misma época C. Wagener, empleando el principio de la bomba de chorro abierto de agua-aire (tubo venturi) produjo el --

primer sistema de inyector de aire para la generación de espuma, que con ligeras modificaciones es el que se emplea hoy día, sin embargo se tuvo el problema de no contar con agentes espumógenos adecuados - que dieran el volumen suficiente de espuma y con una estabilidad comparable a la espuma química.

En 1922 E. Shoeder, J. Van Deurs y J. Ellehamer, desarrollaron bombas de espuma en las que aire, agua y agente espumante era suc-cionadas por una bomba centrífuga a través de una cámara de mezcla donde se producía una masa de burbujas finas que se descargaban por medio de una manguera y un chiflón especial, ambas bombas operaban - con saponina como espumógeno, esta espuma fué lo suficientemente es- table para obtener el reconocimiento como equipo contra incendio.

Se hicieron pruebas con extracto de orozuz y soluciones de ja- bón de potásio, que producía muy buenos resultados con este tipo de bomba El gobierno Inglés, adoptó para la real Fuerza Aerea el uso de saponina y posteriormente jabón de cocos en sus unidades de combate de incendios de aviación.

Se continuó trabajando en la fabricación de equipos para gene- ración de espuma, basados en el principio del venturi y para 1933 - se obtuvieron varias piezas que operaban con mangueras de agua a alta presión persistiendo el problema de no contar con un espumógeno adecuado. Si el extracto de orozuz y la saponina servían en los extinguidores de espuma química o en equipos contra incendios operados por bombas con la suficiente energía para transformar la solución a espuma, en cambio la energía disponible en los chorros de agua de - alta velocidad, era insuficiente para formar una espuma estable con los proporcionadores existentes.

CONCENTRADOS ESPUMOGENOS A BASE DE PROTEINAS

Reconociendo el valor de la espuma producida por los proporcionadores del tipo venturi, varios investigadores trataron de mejorar los productos existentes. En 1937 A. Wissenborn, trabajando para Sthamer en Hamburgo, produjo un concentrado llamado "Shaumgeist" o sea espuma fantasma, debido a su poder de permanecer en forma esquelética, aun después de pasadas varias horas de drenada o evaporada el agua. Este material consistía esencialmente de dos soluciones una de ellas era una solución concentrada de proteínas hidrolizadas y la otra una solución de sulfato ferroso, que debían mezclarse inmediatamente antes de usarse.

El hidrolizado de proteínas, por sí mismo actuaba como espumógeno y la sal ferrosa servía como estabilizador de la espuma. Posteriormente Wissenborn produjo un concentrado único que en solución al 5% en agua, fresca o salobre, producía una espuma con relación de expansión de 8:1 era tan efectiva y estable como la espuma química en fuegos de hidrocarburos y en cierta medida resistente a los fuegos de alcohol.

La teoría inicial de lo anterior es que las sales ferrosas de los productos de degradación de las proteínas son solubles, pero al diluirse y formar espuma, se oxidan a sales férricas debido al oxígeno encontrado en la espuma. Los estudios posteriores demostraron que lo que ocurría era que el producto se insolubilizaba y se precipitaba exteriormente en las paredes de la burbuja.

ESPUMA MECANICA DE ALTA EXPANSION

La espuma de alta expansión se probó en Inglaterra desde 1965 y más tarde en toda Europa, para el combate de incendios en las minas de carbón, mientras en los Estados Unidos el enfoque fué hacia otras clases de incendios. En los últimos 6 años se ha desarrollado comercialmente en E. E. U. U. y Alemania, y en la actualidad no está muy difundida en nuestro país.

Para describir la naturaleza de la solución concentrada en o-
peración, se dice que se producen de 750 a 1000 litros de burbujas por cada litro de solución (1 parte de concentrado y 99 de agua), en comparación de la espuma proteínica que tiene un índice de expansión de sólo 8 o 10 a 1.

La espuma de alta expansión cubre las siguientes funciones:
Forma una barrera que obstruye el contacto con el oxígeno, genera vapor que coayuda a evitar el contacto con el aire, absorbe calor por su contenido de agua, humedece a mayor profundidad los materia-
les clase "A", aísla otros materiales combustibles involucrados en el incendio.

Aunque la gran mayoría de la producción de concentrados espu-
mógenos se dedica a la producción del tipo proteínico, una parte se fabrica con el tipo de agentes tensoactivos (semejantes a los detergentes) para producir espuma de alta expansión.

EL AGUA LIGERA

En 1958 el Dr. Richar Tuve, del laboratorio naval de investi-
gaciones de los EE. UU. estuvo buscando un agente que aplicado en

combinación con el bicarbonato de potasio evitara la reignición de vapores del líquido durante el combate de un incendio.

Después de algún tiempo se encontró que cuando una nube muy fina de bicarbonato de potasio se ponía en contacto con la superficie de un líquido en combustión, tenía el efecto de evitar la reignición por períodos cortos de tiempo, en comparación con el uso de bicarbonato de sodio que no lo tenía.

Expresando en otra forma, cuando el polvo de bicarbonato de sodio se empleaba, la reignición de vapores ocurría más rápidamente que cuando se usaba bicarbonato de potasio; de ahí provino la idea de buscar alguna sustancia química o algún aditivo con el cual se pudiera evitar completamente la reignición de los vapores del combustible.

El trabajo se enfocó primeramente a encontrar una sustancia a prueba de fuego más ligera que la gasolina y capaz de distribuirse sobre la superficie de ésta en forma de una capa delgada para evitar el desprendimiento de vapores combustibles. Se consideraron muchos tipos de polvos, sustancias químicas orgánicas y otros materiales, antes de volver a la siempre útil agua y espuma mecánica.

La espuma se forma a base de agua y aire, y es lo suficientemente ligera para flotar en aceite o gasolina. Al hacer la espuma de agua se logra una película de agua sobre la superficie del combustible que impide el desprendimiento de vapores.

En 1962 en el mismo laboratorio se descubrió un compuesto orgánico sintético con maravillosas propiedades, conocido como

FX - 183, éste es una mezcla de derivados del ácido perfluoro sulfónico, en forma de una solución acuosa de compuestos químicos fluorados, el FX-183 es un líquido de color ligeramente ambarino y es una combinación de dos compuestos fluorados que son abatidores de la tensión superficial y de un polímero.

FORMACION Y ESTRUCTURA DE LAS ESPUMAS

Las espumas son aglomeraciones de burbujas gaseosas separadas unas de otras por películas delgadas del líquido.

Una espuma simple está compuesta de numerosas burbujas de gas muy compactadas cubiertas por películas semisólidas elásticas, la película forma estructuras laminares a través de toda la espuma, estas películas coherentes elásticas se asemejan al armazón de las partículas de una jalea.

La película de las burbujas de jabón está compuesta de tres capas, consistiendo las dos capas externas de jabón y la de enmedio conteniendo agua, las moléculas de jabón están orientadas, estando las colas de hidrocarburos volteadas hacia afuera y el carboxilo dirigido hacia la capa intermedia de agua.

El jabón no es el único agente capaz de producir espuma.

Es una espuma de albumina, la película está compuesta de albumina desnaturalizada disuelta en agua. Al agitarse las moléculas globulares de la albumina se convierten en unidades planas laminares las cuales forman películas fácilmente.

PREPARACION Y ESTABILIDAD DE LAS ESPUMAS

Los principales métodos para la producción de espumas son los mismos que se usan en las dispersiones de gas (burbujas, agitación, golpeo y batido).

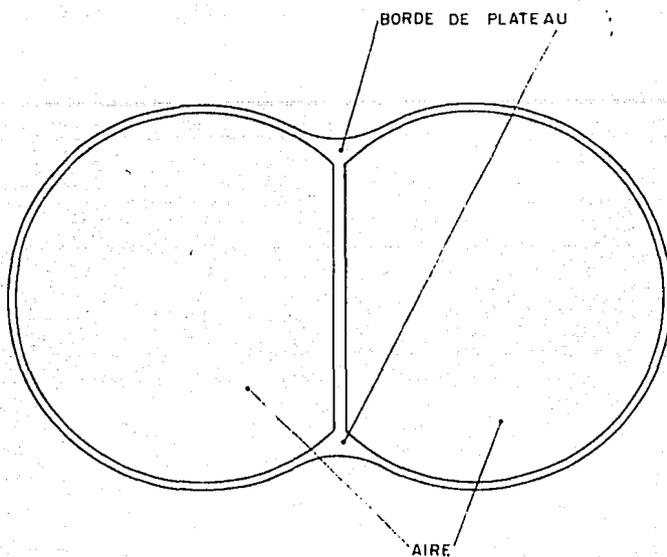
La estabilidad de una espuma depende de la persistencia de las películas que separan a las burbujas de gas. Se pudo demostrar por Plateau que la vida de una película es más larga mientras más pequeña es su superficie. Lo mismo es también correcto para las burbujas ya que su persistencia aumenta al disminuir en diámetro.

El escurrimiento de las espumas, especialmente el de aquellas que consisten de películas de baja actividad superficial ocurre fácilmente y se puede explicar como sigue: Si dos o más burbujas de la espuma se tocan usualmente se adhieren con deformación de sus esferas según se muestra en la figura correspondiente.

La depresión BP entre y alrededor de las dos burbujas contiene más líquidos y se llama Borde de Plateau, en éste el líquido está a una presión inferior que las otras partes de la pared de las burbujas. Así es que algo de succión es desarrollada por BP y el líquido se escurrirá desde toda la película alrededor de las burbujas hasta BP adelgazándose toda la película.

La presión negativa en BP es debida a la acción de la tensión superficial entre las diferentes curvaturas de la burbuja y a la fuerza de gravitación que promueve el escurrimiento, ya que de los lugares de acumulación el líquido fluye lentamente hacia abajo. El resultado total es que las burbujas estallarán tan pronto se alcance un espesor crítico.

El empleo de espuma para extinguir incendios de líquidos in-



**FIG. 1 DOS BURBUJAS EN CONTACTO ENCIMA DE UNA
ESPUMA Ó FLOTANDO SOBRE EL LIQUIDO.**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

**PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO**

TESIS PROFESIONAL 1980.

flamables es de los medios más efectivos, destacándose las ventajas de este sistema - reducción de la temperatura y exclusión de oxígeno - con la aplicación de un solo medio producido con materiales fácilmente accesibles.

Desde el punto de vista químico, es el estabilizador el que - presenta el mayor interés, normalmente es coloidal y la naturaleza de los ingredientes empleados como agentes espumógenos en las espumas químicas y mecánicas difieren considerablemente. En las primeras, el óxido de aluminio hidratado ayuda al estabilizador orgánico considerablemente en la formación de una espuma adecuada cosa - que no se lograría si se empleara solamente agua. Las espumas mecánicas necesitan espumógenos de diferentes clases que sean fácilmente dispersables en el agua, con la que formen soluciones que se conviertan en espuma rápidamente.

ESPUMAS PARA COMBATIR INCENDIOS

Existen dos clases fundamentales de espumas clasificadas como QUIMICAS o MECANICAS conforme a la manera de producirse en el sistema.

La espuma química se produce por reacción entre el sulfato de aluminio y el bicarbonato de sodio en presencia de agua, agentes espumantes y estabilizantes, las burbujas resultantes contienen gas carbónico en su interior. Estos compuestos se hayan disponibles como:

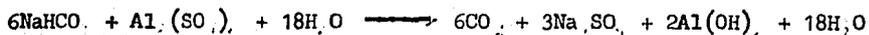
1. Polvos Dobles, un polvo A (sulfato de aluminio) y un polvo B (bicarbonato de sodio) agentes espumantes y estabilizantes.
2. Polvo Unico, o sea una mezcla seca de ambos ingredientes y
3. Soluciones de dichos polvos almacenados en forma separada.

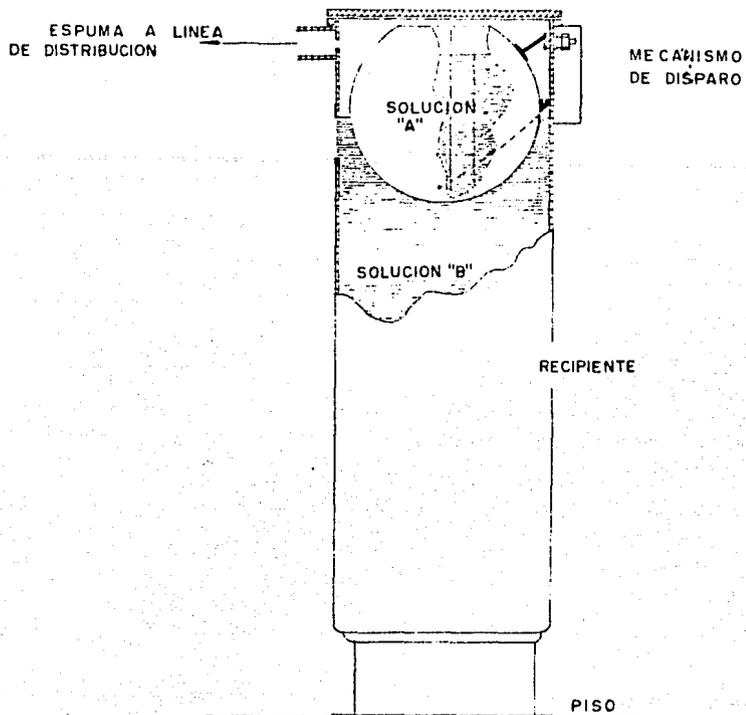
La espuma mecánica se produce por la mezcla mecánica de un compuesto espumante líquido con agua y aire, las burbujas resultantes - contienen aire. Los concentrados están disponibles en el mercado para ser mezclados en porcentaje del 3 al 6%. Pueden conseguirse compuestos de baja expansión o de alta expansión dependiendo de los volúmenes relativos de espuma producida por el volumen equivalente de la mezcla compuesto-agua. El agua ligera, desarrollada pensando inicialmente emplearla combinada con polvos químicos secos, en la actualidad se hacen investigaciones para aplicar este tipo de espuma a incendios de tanques de almacenamiento introduciendo el agente por el fondo del tanque.

EXTINGUIDORES PORTATILES

La carga de los extinguidores de espuma química consiste en dos sustancias químicas separadas y comúnmente empacadas en dos paquetes "A" y "B". La carga "A" para los extinguidores de 9.5 litros contiene 140 gramos de sulfato de aluminio en polvo. La carga "B" contiene un mínimo de 625 gramos de bicarbonato de sodio y además contiene un porcentaje variables de estabilizador de espuma. Estas cargas son disueltas en agua, la primera "A" en un litro y medio aproximadamente, y la otra "B" en unos ocho litros. La solución "A" se coloca en el recipiente interior, y la solución "B" en el recipiente mayor, en el dibujo correspondiente se demuestran las partes constituyentes de este tipo de extinguidores.

Cuando el extinguidor es invertido, las dos soluciones se mezclan produciendo bióxido de carbono gaseoso que sirve para forzar el líquido hacia el exterior del recipiente y formar burbujas que son reforzadas por el agente estabilizador. La reacción química que ocurre es la siguiente:





**FIG. 2 GENERADOR DE ESPUMA QUIMICA
CON SOLUCIONES SEPARADAS**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO**

JOSE HUERTA CONTRERAS

TESIS PROFESIONAL 1980.

La calidad y cantidad de espuma producida depende de los ingredientes, del cuidado que se tenga para mezclarlos y la temperatura a que se opera. A temperaturas ordinarias un extinguidor de 9.5 litros produce de 68 a 75 litros de espuma.

ESTABILIZADORES PARA ESPUMA QUIMICA

La espuma química como se ha indicado antes se compone de una sal ácida, una sal básica y un estabilizador de espuma. En ausencia del estabilizador la reacción produce una espuma ligera, inconsistente y que no es apta para combatir incendios.

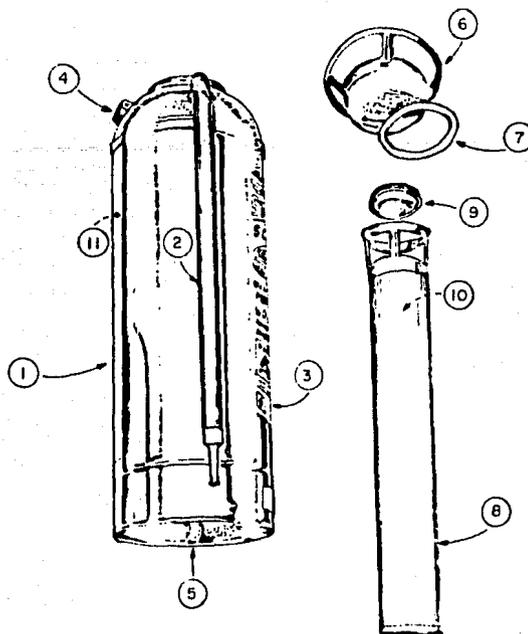
Los estabilizadores son variados, siendo casi todos de naturaleza coloidal y van desde simple extractos vegetales hasta complejos compuestos orgánicos sintéticos.

Desde 1904 cuando Laurent hizo sus primeras pruebas usando saponina como estabilizador se han creado multitud de productos para el mismo uso, los que se podrían clasificar de la siguiente manera:

- 1.- Saponinas y glucósidos
- 2.- Proteínas
- 3.- Licor de sulfito
- 4.- Acidos grasos
- 5.- Sulfatos y sulfonatos
- 6.- Extractos y varias plantas

CONCENTRADOS PROTEICOS

Contienen polipéptidos de alto peso molecular, formados por hidrólisis química de proteínas vegetales o animales. Se pueden



- 1 RECIPIENTE METALICO.
- 2 MANGUERA DE DESCARGA
- 3 ETIQUETA CON INSTRUCCIONES
- 4 OREJA PARA COLGAR EL EXTINGUIDOR
- 5 ASA EN EL FONDO DEL EXTINGUIDOR
- 6 TAPA-ASA
- 7 EMPAQUE DE HULE
- 8 RECIPIENTE INTERIOR
- 9 TAPON DE PLOMO
- 10 LINEA DE LLENADO DE SOLUCION AL 11 % DE SULFATO DE ALUMINIO
- 11 LINEA DE LLENADO DE SOLUCION AL 8 % DE BICARBONATO DE SODIO Y 3 % DE ESTABILIZADOR DE ESPUMA

FIG. 3 COMPONENTES DE UN EXTINGUIDOR DE ESPUMA.

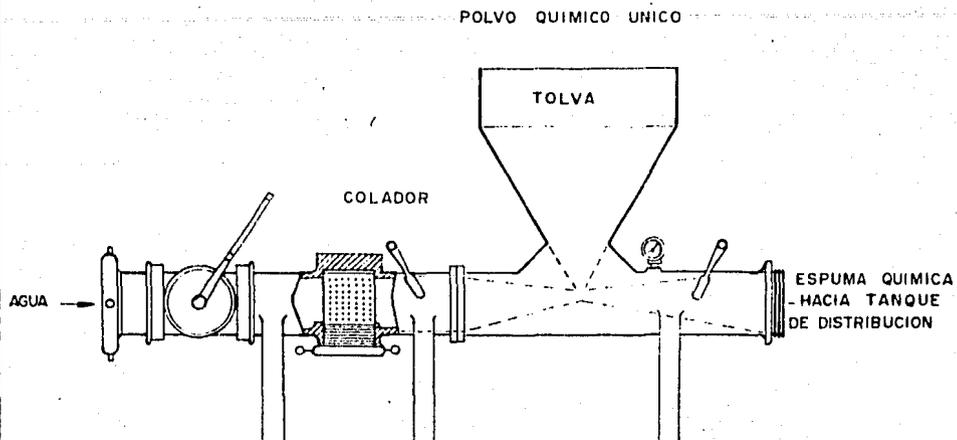
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO

TESIS PROFESIONAL 1980.



**FIG. 4 GENERADOR DE ESPUMA QUIMICA
CON UN SOLO POLVO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO

TESIS PROFESIONAL 1980.

incluir varias sales de metales polivalentes para dar fuerza a las burbujas en presencia de calor o una acción mecánica.

CONCENTRADOS NO-PROTEICOS O SINTETICOS

Los concentrados de este tipo contienen compuestos similares a los detergentes sintéticos que producen rápidamente espuma contando con los generadores adecuados. Se emplean en concentraciones del 2%.

SISTEMAS DE PROTECCION CON ESPUMA MECANICA

Existe una amplia variedad de medios para proporcionar el agente espumógeno los que se deben seleccionar de acuerdo a las necesidades del riesgo. En las figuras anexas se muestran algunos equipos y su instalación. (Ver Fig. 5,6,7,8,9,10,11,13,14 y 15).

PRUEBAS DE CALIDAD PARA ESPUMAS MECANICAS

Las espumas deben tener ciertas características como son la expansión y una viscosidad aceptable, para determinar estos, existe un método recomendable por la National Fire Protection Association siendo necesario contar con el siguiente equipo:

1. Balanza de 1000 g de capacidad
2. Pipeta de 10 ml
3. Vaso de precipitados de 100 ml
4. Vaso de precipitados de 500 ml
5. Probetas graduadas de 100 ml (3)
6. Cronómetros (2)
7. Mesa de muestras
8. Recipientes para muestreo de espuma de 1400 ml de 5 cm de alto por 20 cm de diámetro con una perforación en el fondo de 6.3 mm de diámetro

9. Un colector de espuma que es una lámina de aluminio de 1.6 mm. de grueso que se coloca frente y a un lado de la boquilla de espuma para juntarla en los recipientes de muestreo.
10. Refractómetro tipo abbé de 0 a 25% de contenido de azúcar.

La prueba se verifica en una superficie pavimentada, antes de la prueba es necesario tener soluciones de 3.6 y 9 % del concentrado por probar usando agua para preparar la solución. Usando la pipeta se colocan 3.6 y 9 ml. de concentrado espumógeno en cada una de las probetas de 100 ml. después se llena con agua hasta la marca de refracción tomando la lectura y compensando por temperatura anotándose en una hoja el valor obtenido por cada porcentaje.

Para realizar la prueba el equipo debe ponerse a funcionar de la manera recomendada por el fabricante del equipo, la temperatura del agua, y del concentrado debe permanecer entre 17 y 27°C.

Cuando se hace la prueba debe eliminarse la primera espuma que sale de la boquilla, de modo que se tome del centro del chorro que sale. Debe tenerse un ayudante que tome cada muestra tan pronto como se llene el recipiente con espuma, así mismo una persona debe cronometrar el tiempo tan pronto como el recipiente esté lleno, el que toma la muestra debe usar una regla como rasero y eliminar la espuma adherida a los lados del recipiente. Los recipientes se pesan ahora individualmente en la balanza y la expansión se calcula así:

$$\text{Expansión} = \frac{\text{volumen del recipiente}}{\text{Peso Total} - \text{Peso del recipiente vacío}}$$

$$\text{Ejemplo} = \frac{1400}{800 - 600} = 7$$

Para tener la velocidad de drenado de la espuma (una indicación directa del grado de estabilidad y viscosidad), el cronometraje es importante, los recipientes de muestra se verifican para determinar el tiempo en minutos a partir del tiempo cero hasta que se tenga el 25% del líquido de la espuma drenada. El peso neto de la espuma se divide entre 4 para tener el volumen de 25% en mililitros.

Los recipientes con la muestra se ponen en la mesa, con intervalos de un minuto se vacia lo drenado, con ésto se puede tener la curva del volumen drenado.

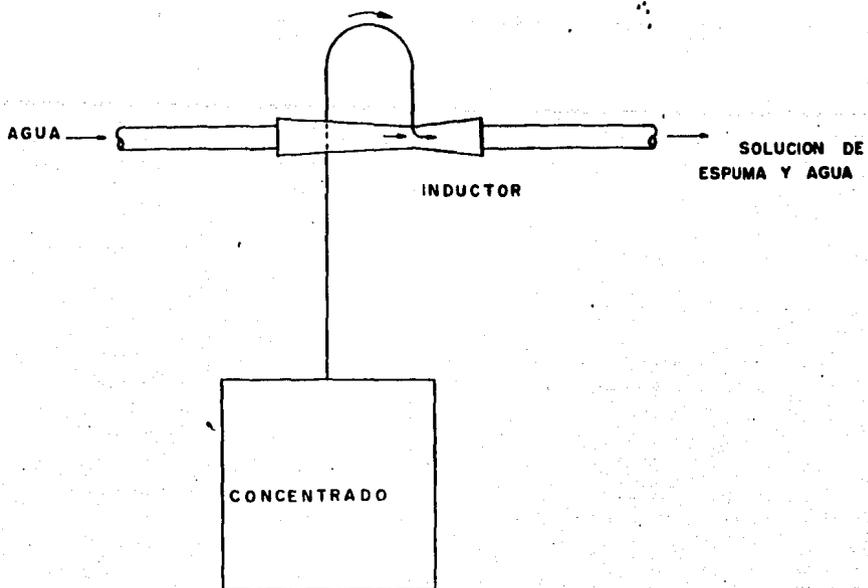
Por ejemplo: 25% Vol. = $\frac{200}{4}$ = 50 ml.

Esta prueba necesita rapidez y precisión para obtener buenos resultados.

Tiempo (Min)	Solución Drenada Volumen (ml.)
0	0
1.0	20
2.0	40
3.0	60

Una vez completa la prueba anterior debe hacerse una prueba de concentración, poniendo una gota de líquido drenado en el refractómetro, el valor obtenido relacionado a la curva de concentración, nos dará el porcentaje de concentración de espumógeno generado por el equipo.

Con las pruebas anteriores es posible que se conozca la efectividad de un equipo y de los concentrados usados para hacer con anticipación las correcciones necesarias para obtener una buena espuma.



**FIG. 5 PROPORCIONADOR DE ESPUMA
MECANICA CON TOMA EN LA LINEA**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO**

JOSE HUERTA CONTRERAS

TESIS PROFESIONAL 1980.

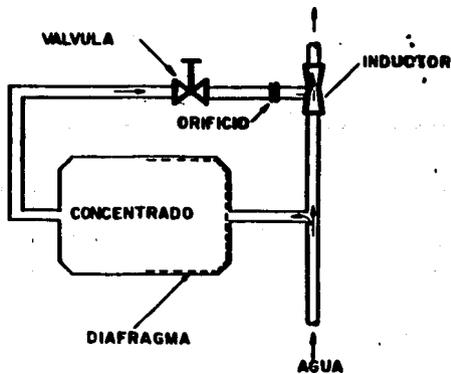


FIG. 6 PROPORCIONADOR DE SOLUCION ESPUMA AGUA CON TANQUE A PRESION-DIAFRAGMA.

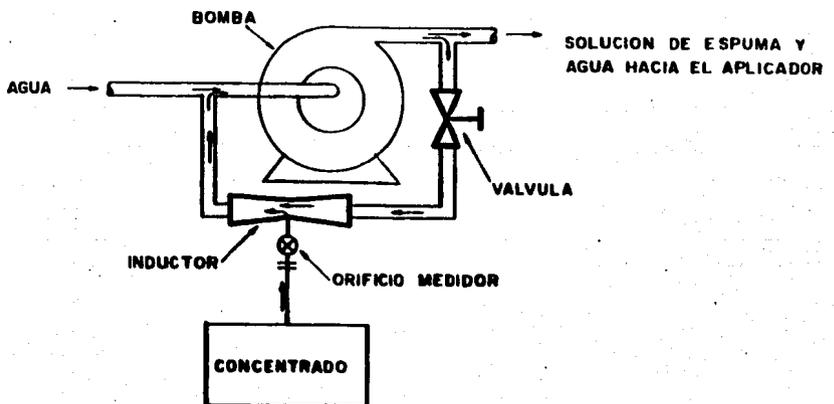


FIG. 7 PROPORCIONADOR DE ESPUMA MECANICA DEL TIPO QUE RODEA LA BOMBA.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA EXTINCION DEL FUEGO

TESIS PROFESIONAL 1980.

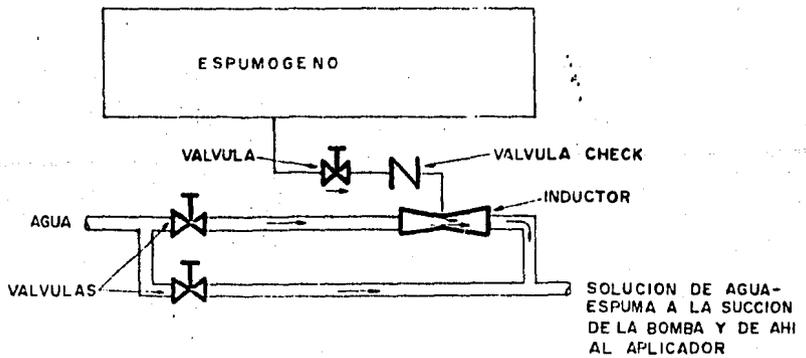


FIG. 8 PROPORCIONADOR DE ESPUMA PARA SUCCION DE BOMBA.

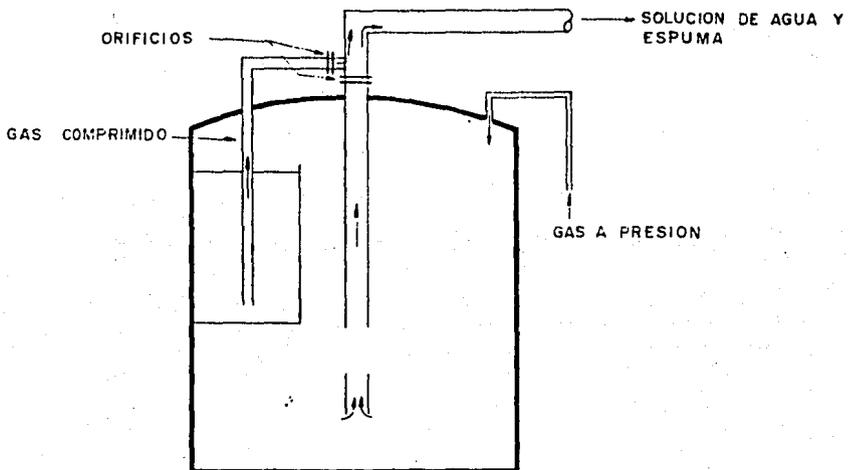


FIG. 9 PROPORCIONADOR DE ESPUMA MECANICA CON PRESION INTERNA.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO

TESIS PROFESIONAL 1980.

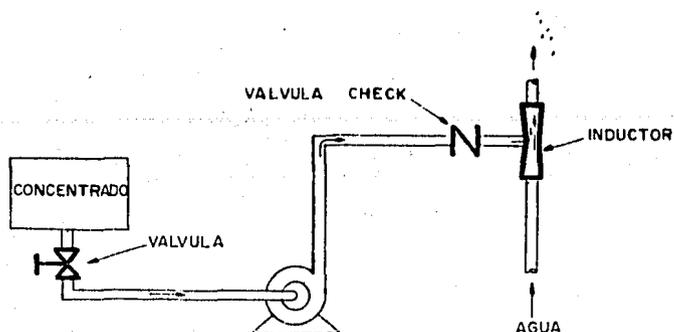


FIG. 10 PROPORCIONADOR DE ESPUMA MECANICA POR GRAVEDAD E INDUCCION.

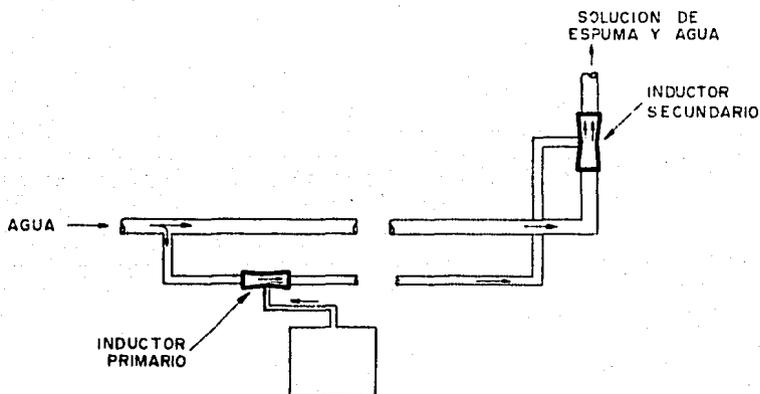


FIG. 11 PROPORCIONADOR DE ESPUMA CON INDUCTOR DOBLE, PRIMARIO Y SECUNDARIO.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO**

JOSE HUERTA CONTRERAS

TESIS PROFESIONAL 1980.

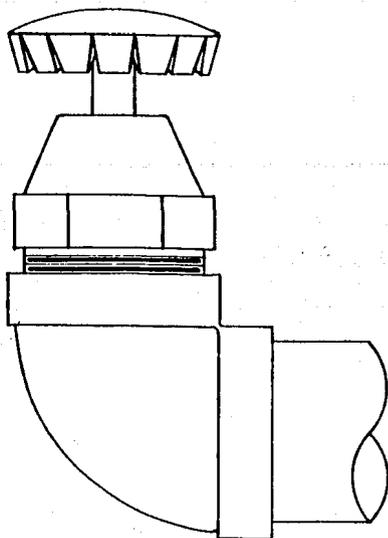


FIG. 12 ESPREA PARA ESPUMA EN SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMATICOS.

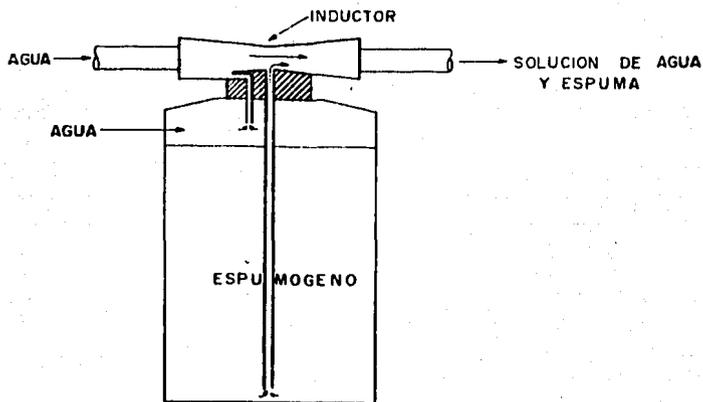


FIG. 13 PROPORCIONADOR DE ESPUMA CON TANQUE A PRESION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA EXTINCION DEL FUEGO

JOSE HUERTA CONTRERAS

TESIS PROFESIONAL 1980.

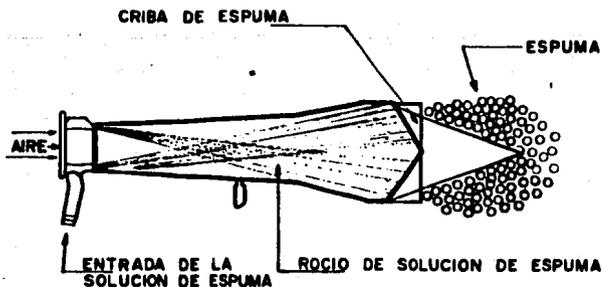


FIG. 14 GENERADOR DE ESPUMA TIPO ASPIRADOR.

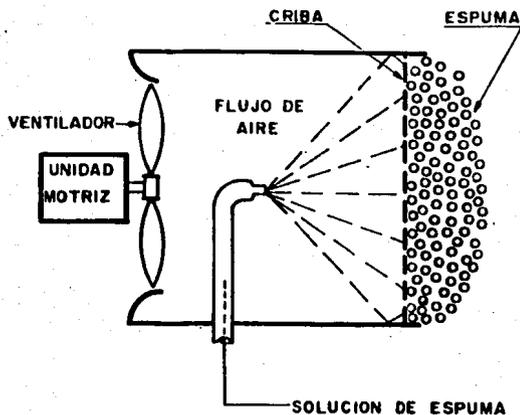


FIG. 15 GENERADOR DE ESPUMA TIPO VENTILADOR.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

**PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO**

TESIS PROFESIONAL 1980.

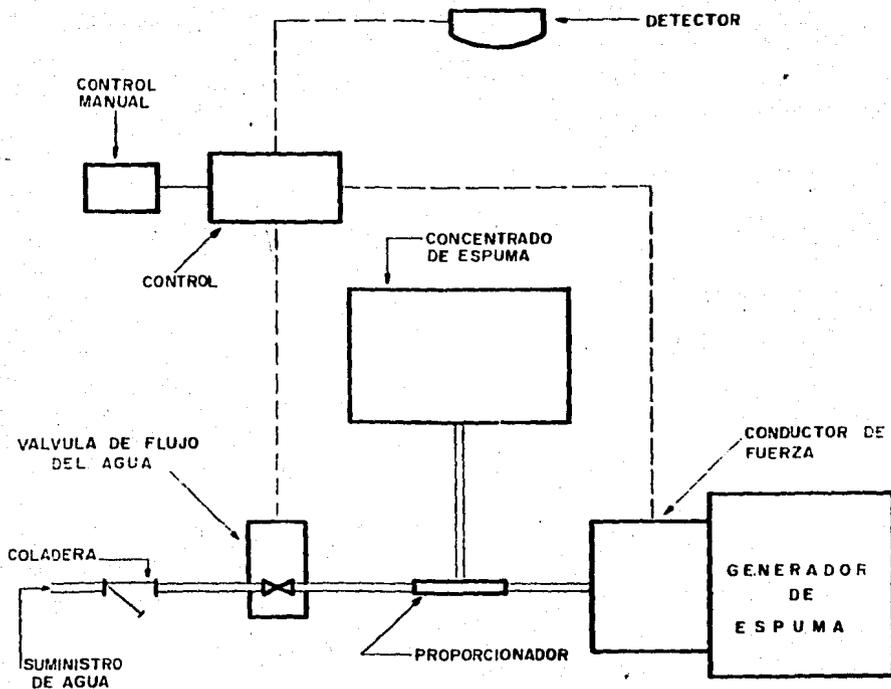


FIG.16 DIAGRAMA DE UN SISTEMA AUTOMATICO DE ESPUMA ALTA EXPANSION.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA EXTINCION DEL FUEGO

TESIS PROFESIONAL 1980.

CAPITULO V

PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Las facilidades para el almacenamiento de materias primas líquidas, productos intermedios o productos finales, comprenden una gran parte de la inversión de una planta química. Los recipientes en los que el contenido no ha sido procesado aún, pero que han sido empleados principalmente para el propósito de contener el líquido antes, durante o después del proceso, cuyas condiciones no son afectadas -- por los requerimientos del proceso, son aquellos que tienen el propósito de almacenamiento.

Los tanques comprenden una parte apreciable de la inversión, en las Industrias y sus contenidos son de más valor usualmente. La experiencia indica que los tanques son bastante sensitivos a los incendios y otros accidentes. Ya que representan grandes concentraciones en valor, la protección de los tanques de almacenamiento es una función importante de cualquier programa de seguridad completo.

Los tipos de tanques de almacenamiento son muy variados y requieren numerosos tipos de precauciones de seguridad. La gran mayoría de dichos tanques en la Industria son del tipo sobre tierra.

Las principales divisiones de los tanques sobre tierra para líquidos pueden ser clasificados como:

1. Tanques atmosféricos con techos flotantes.
2. Tanques atmosféricos con techos fijos o ligeramente variables.
3. Tanques de almacenamiento para presiones moderadas (desde

presión atmosférica a 300 psig).

4. Almacén para altas presiones operando desde 300 hasta 1000 psig.

TANQUES SOBRE TIERRA

Los tanques deberán llevar etiquetas de advertencia con letreros de 2 pulgadas de altura como mínimo; evitar el crecimiento de maleza abajo y alrededor del tanque; deberá colocarse escaleras y plataformas standar preferentemente de acero; aquellos tanques que estén asentados a 1 pie o más sobre el suelo deberán tener soportes de material no com bustible, principalmente de concreto o acero protegido de concreto. Se recomienda pintar los tanques de aluminio pintura blanca para reflejar el calor y ayudar con ésto a mantener baja la presión de vapor interna se sugiere algunas veces la instalación de un sistema de espreas con agua de enfriamiento; algunas veces se recomienda aislar los tanques.

PREPARACION Y LOCALIZACION DEL SITIO

El sitio deberá estar en declive y deberán existir caminos y vías para un rápido acceso a los aparatos contra incendios.

El sitio deberá estar iluminado de manera que pueda efectuarse una observación adecuada por la persona encargada de la vigilancia en cualquier momento.

Evitar el uso de extensiones eléctricas y lámparas, usando en su lugar reflectores independientemente montados y soportados.

Seleccionar un lugar en el cual los vientos dominantes no lleven hacia el sitio calor o humo e igualmente que no lleven vapores del lí quido hacia lugares transitados.

Escoger un sitio suficientemente elevado con el fin de evitar inundaciones.

DISEÑO Y CONSTRUCCION

DISEÑO

Existen varios diseños para tanques de almacenamiento que contienen líquidos inflamables; sin embargo pueden dividirse en tres categorías generales según la presión de diseño:

1. Tanques atmosféricos para presiones de 0. a 0.5 psig.
2. De baja presión (0.5 a 15 psig)
3. De alta presión (de 15 psig en adelante)

El espesor del metal usado en la construcción del tanque no se basa únicamente en la resistencia requerida para soportar el peso del líquido, sino también es un factor de corrosión.

Cuando se diseña para líquidos corrosivos las especificaciones del grosor del cuerpo del tanque, son aumento en la vida de servicio del tanque. Se recomienda efectuar inspecciones periódicas para checar el grosor del metal y establecer límites de operación seguros a fin de evitar sobre esforzar el tanque.

Todos los tanques de almacenamiento para líquidos inflamables deberán construirse de acero o concreto amenos que el carácter del líquido necesite el uso de otros materiales. Tanto los de acero - como los de concreto son resistentes al calor que pudiera provenir de un incendio.

Para tanques de almacenamiento sobre tierra soldados, cilindricos y verticales, el grosor mínimo es pulgadas se calcula mediante la siguiente formula:

$$t = 0.0001456 \times D \times (H - 1) \times S$$

En donde:

t= espesor mínimo en pulgadas

D= diámetro nominal interno en pies

H= altura en pies del fondo al techo del tanque o hasta la altura en que se encuentre cualquier aditamento de sobre flujo.

S= gravedad especifica del líquido almacenado.

CONSTRUCCION

Los tanques u otros recipientes deberán ser construidos de acuerdo con los standards de la NBFU y del código ASME.

Los tanques horizontales y verticales estarán equipados con una o más entradas de hombre, para propósitos de inspección y limpieza, estas entradas pueden tener sus tapas detenidas por gravedad, tornillos o con chapas especiales y provistas de empaques elaborados de material inafectable por el contenido líquido.

Al efectuar una reparación y antes de soldar, cortar, o efectuar alguna operación que produzca chispas se tomarán las siguientes precauciones para minimizar los riesgos de incendio y explosión:

Los tanques deberán ser llenados con agua hasta el derrame para eliminar gases; son medidas esenciales de seguridad el vaporizador con gases inertes, checar con explosímetros y usar herramientas no ferrosas para cualquier operación en el tanque.

CIMENTACIONES Y SOPORTES

Los tanques serán asentados sobre cimientos firmes y soportes adecuados. Cualquier soporte de acero que se utilice para un tanque con líquidos inflamables se protegerá por materiales resistentes al fuego que proporcionen una resistencia no menor de 2 h.

TUBERIAS Y CONEXIONES

Las conexiones se harán lo más prácticas posible. Las tuberías de llegada al tanque se prolongarán hasta un punto abajo del nivel permanente del líquido o bien equiparlas con trampas adecuadas para evitar la exposición del espacio del vapor sobre el líquido.

No se empleará tubería flexible ni mangueras excepto cuando la vibración o el frecuente movimiento así lo requieran.

Las tuberías largas serán provistas con juntas de expansión y tener soportes por lo menos cada 20 pies.

RIESGOS EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Uno de los grandes adelantos en la construcción de estos tanques es la substitución de los techos de madera por techos metálicos, eliminando con ésto el riesgo de accidentes por descarga eléctrica.

Otra causa importante de accidentes en tanques es lo que se ha llamado falsa operación. Esto incluye acciones como abrir válvulas equivocadas, o fallar al cerrar una válvula, derrames, el uso inadecuado de equipo eléctrico y técnicas impropias en la limpieza y reparación del tanque.

Otra causa general de accidentes es la concerniente al equipo defectuoso, tales como derrames causados por la corrosión, grietas en las soldaduras, válvulas de alivio de presión que no funcionan adecuadamente, sistemas de venteo mal diseñados y falta de protección contra la electricidad estática.

MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN EL ALMACENAMIENTO

Con el propósito de prevenir un siniestro, se deben considerar las siguientes recomendaciones:

1. Conectar el tanque debidamente a tierra.
2. Colocar los respectivos arrestadores de flama.
3. Que la tubería de descarga llegue hasta el fondo.
4. Evitar que las tapas de las entradas del tanque tengan rozamiento con el cuerpo del tanque.
5. Mantener en buen estado los instrumentos indicadores de presión y temperatura.
6. Que tengan diques de contención para el caso de derrame.
7. Que existan atomizadores de enfriamiento para contrarrestar el calor radiado.
8. Letreros de no fumar y para limitación de áreas.
9. Equipo de para-rayos o aparta-rayos.
10. Si existe sistema de agitación el motor debe ser a prueba de explosión.
11. Que el tanque sea diseñado y construido de manera que en caso de una explosión solamente se desprenda el cono que sirve de techo.
12. Instalar válvulas de control remoto con el objeto de poder impedir cualquier fuga.

RIESGOS ELECTRICOS

La electricidad presenta un peligro continuo de incendio a causa de alambres mal aislados o espaciados en forma inadecuada, peligro de chispas en alambres desnudos, daños en una instalación mal colocada, etc.

Todas las instalaciones deben hacerse en forma sólida y permanente, aislando cada una de sus partes. En los lugares donde existan gases o vapores inflamables se debe usar instalación eléctrica a prueba de explosión.

La electricidad estática es una carga eléctrica la cual proviene del contacto y separación entre dos cuerpos siendo uno de ellos aislante. La presencia de este tipo de electricidad es un problema serio en algunas industrias ya que muchos materiales no conductores de electricidad tales como el papel, celofán, plásticos, fibras textiles y polvos generan y conservan cargas estáticas estableciendo una diferencia potencial de voltaje entre ellos y otros objetos.

Varios procesos químicos crean mezclas inflamables de polvo o vapor en el aire y las chispas de descargas estáticas pueden ocurrir de estas mezclas provocando una explosión.

Los excesos o déficits relativamente pequeños de electrones pueden crear electricidad estática, tales excesos pueden suceder de muchas maneras:

- a) Impacto
- b) Frotación o contacto
- c) Separación de superficies secas no metálicas
- d) Por efectos electrolíticos entre soluciones de constantes dieléctricas altas, en contacto con metales u otros

sólidos seguidos de una separación mecánica

- e) Un sin número de líquidos dieléctricos fluyendo en tuberías, haciendo y rompiendo el contacto con el interior metálico de tuberías, mangueras, tubería de vidrio y similares
- f) Gases o vapores fluyendo turbulentamente através de tubos metálicos o mangueras.

El manejo de gases comprimidos en cilindros puede ser peligroso - debido a la estática. Se han presentado explosiones cuando se están - llenando cilindros y cuando el gas comprimido de los mismos fué descargado inadecuadamente.

Básicamente la acumulación de cargas estáticas en la superficie de un material o en el espacio, no es más que el desequilibrio de electrones. Cuando ocurre una emigración de electrones se vuelve negativa la substancia que los recibe, mientras la substancia que pierde electrones adquiere una carga positiva igual. No hay un modo de prevenir la formación de electricidad estática.

Un material cargado con electricidad estática puede ser descargado solamente de dos maneras:

1. Haciendo que el material sea muy buen conductor de la electricidad, de tal manera que pueda fluir através de él al ponerse en contacto con otro objeto puesto a tierra.
2. Que el aire alrededor al material cargado sea suficientemente conductor de la electricidad de manera que los electrones puedan fluir através del aire.

Todos los métodos de control de estática, dependen de uno u otro de estos dos mecanismos y no existe otra manera de corregir las desigualdades de cargas eléctricas una vez que se han creado.

Los métodos eficientes para hacer frente al problema de la - estática son:

- a). Poniendo a tierra y ligando maquinaria y equipo incluyendo las partes en movimiento, conexiones de aparatos y tuberías.
- b). Manteniendo una humedad relativamente alta.
- c). Aumentando la conductividad eléctrica del aire por ionización.
- d). La aplicación de superficies conductoras.
- e). El uso de protectores o guardas no metálicas para prevenir el contacto con partes de metal, donde el problema - es una comodidad personal.

En general puede decirse que lo recomendable para que un tanque de almacenamiento de líquidos inflamables esté fuera de riesgo de incendio y de explosión debido a la electricidad, es lo siguiente:

Los tanques, equipo y tubería de llenado serán de tal tamaño que minimice la turbulencia dentro del líquido; los tanques deberán interconectarse ya sea mediante tuberías o mediante cables connectados a una tierra común; las líneas de vapor y gas inerte usadas en la limpieza, purga o ventilación de los tanques, serán interconectadas eléctricamente a las paredes del tanque; se proveerá a todos los tanques con aditamentos para absorber descargas eléctricas atmosféricas (pararayos); finalmente la resistencia del sistema tanque tubería a tierra no será mayor de 6 ohms.

INCENDIOS EN TANQUES

Es poco probable que exista un incendio dentro de un tanque de almacenamiento por más tiempo que unos cuantos segundos antes de que la extinción de él, o el desprendimiento del techo ocurran. Es común el incendio que se presenta en las aberturas del techo provocado por el vapor expelido del tanque debido a las operaciones de llenado o bien al aumento de temperatura, éste puede ser eliminado fácilmente corrigiendo la causa de la expulsión de vapor mediante enfriamiento o bien suspendiendo el llenado.

Si un tanque está expuesto a un incendio adyacente deberá aplicarse inmediatamente agua para enfriarlo y de este modo reducir la vaporización no solamente para salvar las reservas sino también reducir la ignición en los venteos.

Un gran número de plantas industriales tienen tanques sobre soportes de acero no protegidos, con el sistema de carga por gravedad adyacente a ellos, el incendio típico en tales instalaciones se origina casi siempre en el vehículo que está descargando y al poco tiempo los soportes de acero no protegidos ceden haciendo que el tanque caiga al suelo, al caer se rompen la tubería y el tanque liberando el contenido. Ocasionalmente los tanques caídos explotan.

METODOS DE EXTINCION

- A. Para líquidos inflamables se ha encontrado que los agentes extintores más eficientes y más comunmente usados son el polvo químico el bióxido de carbono, la espuma y los líquidos vaporizantes.
- B. La niebla de agua es particularmente efectiva en incendios de líquidos inflamables cuyas temperaturas de inflamación se encuentran entre 100 y 212°F.

- C. Los rociadores automáticos funcionan mediante el mecanismo de absorber el calor y mantener frías las inmediaciones hasta que el incendio se extinga.
- D. Las mangueras son frecuentemente usadas para mantener fríos - los tanques u otros equipos expuestos al fuego de líquidos inflamables, o bien para lavar derrames en ignición antes de que éstos se acerquen a puntos peligrosos.

La selección del método de extinción debe hacerse con precaución ya que hay factores que deben ser considerados en cualquier problema individual de extinción de incendios que pueda afectar la selección del agente extintor y del método de aplicación.

La cantidad, rapidez y el método de aplicación del material extintor en relación al tamaño y tipo de incendio, deberá ser considerado minuciosamente y hecho por una persona experta.

SISTEMAS AUTOMATICOS Y FIJOS

SISTEMAS DE ESPUMA

Pueden ser automáticos o manuales consistiendo simplemente - de uno o más extinguidores portátiles suspendidos de tal forma - que el calor o flama haga funcionar a éstos por medio de un fusible. Sistemas más elaborados consistentes en una red de tubería fija, a través de la cual fluyen las soluciones espumantes a un número de deflectores, estos sistemas varían en su descarga desde 15 hasta 4000 galones por minuto.

Los anteriores son aplicables para proteger áreas donde pueda haber derrame de líquidos inflamables.

DIOXIDO DE CARBONO

Estos sistemas son a menudo instalados para áreas cerradas que contengan equipo eléctrico, líquidos inflamables u otros materiales donde el fuego pueda ser extinguido por dilución del oxígeno contenido en el aire, o donde el agua no pueda ser usada debido a los -- riesgos eléctricos o a la naturaleza del producto.

En estos sistemas el gas comprimido es almacenado en cilindros y liberado por operación manual o aparatos automáticos a través de boquillas dirigidas a la fuente del fuego. La ventaja que ofrece -- con relación a otros agentes extintores, es de que causa un menor -- daño al equipo y materiales en los cuales se haya aplicado.

SISTEMAS DE POLVO QUIMICO SECO

Estos se instalan para situaciones en donde es necesaria una -- rápida extinción y en donde hay peligro de reignición y sus venta-- jas principales son que no es tóxico, no es conductor de la electri-- cidad y no se congela.

SISTEMAS DE VAPOR

Son usados para extinguir fuegos en recipientes cerrados, sin embargo el sistema es práctico solo cuando se dispone de un suminis-- tro continuo de vapor, además de que presenta la posibilidad de da-- ños personales debido a quemaduras.

SISTEMAS DE GASES INERTES

Estos sistemas evitan los fuegos y explosiones por la substitu-- ción de un porcentaje definido del oxígeno en el aire por un gas i-- nerte, tal como el dióxido de carbono, nitrógeno u otro gas no com--

bustible.

Para que sea efectivo el gas inerte debe reducir la cantidad de oxígeno en el aire del 21% normal hasta un rango de 2.00 a 16.00%.

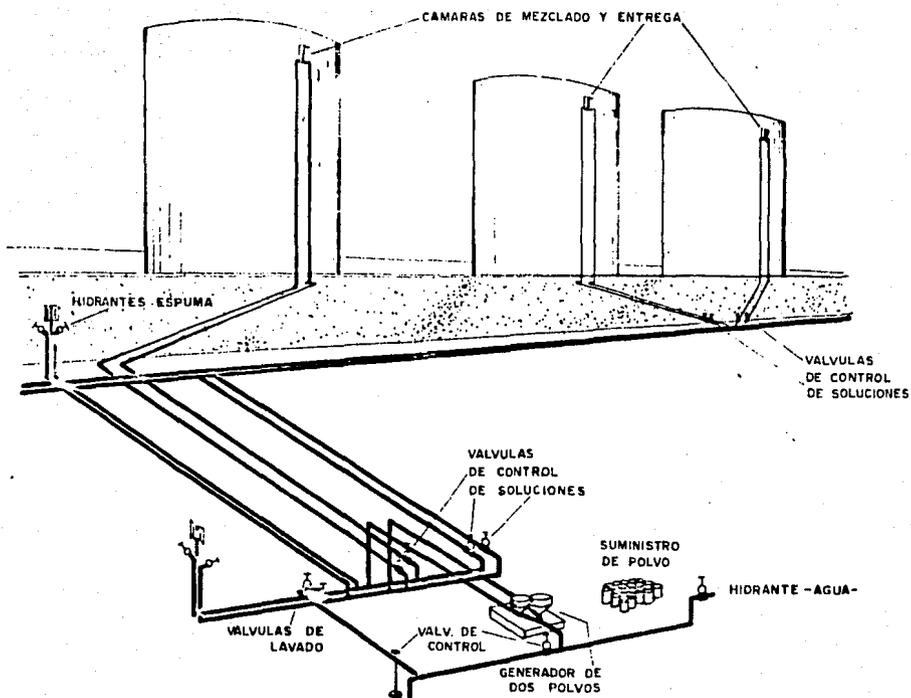


FIG. 17 PROTECCION EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA EXTINCION DEL FUEGO

JOSE HUERTA CONTRERAS

TESIS PROFESIONAL 1980.

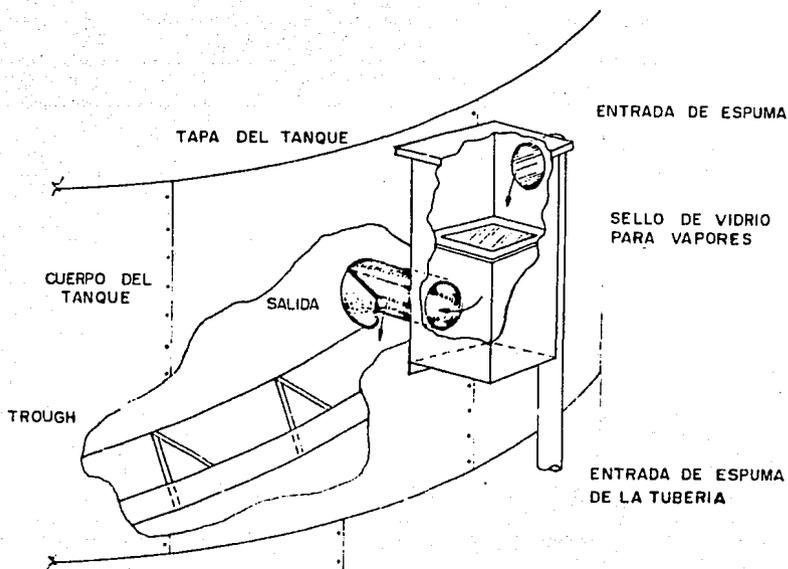


FIG. 18 CAMARA DE ENTREGA DE ESPUMA QUIMICA MONTADA EN EL TANQUE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

PRODUCTOS QUIMICOS PARA
LA EXTINCION DEL FUEGO

TESIS PROFESIONAL 1980.

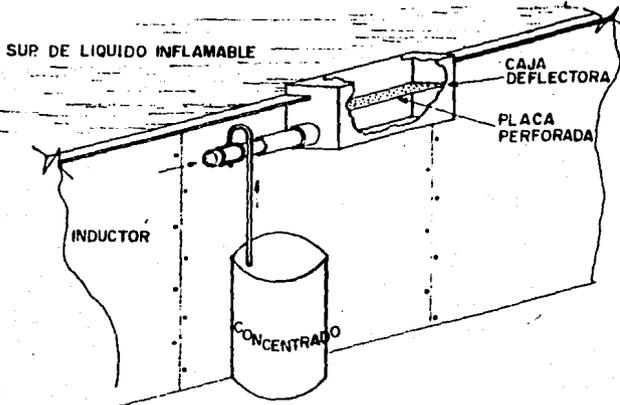


FIG. 19 PRODUCTOR DE ESPUMA CON DEFLECTOR PARA TANQUE ABIERTO.

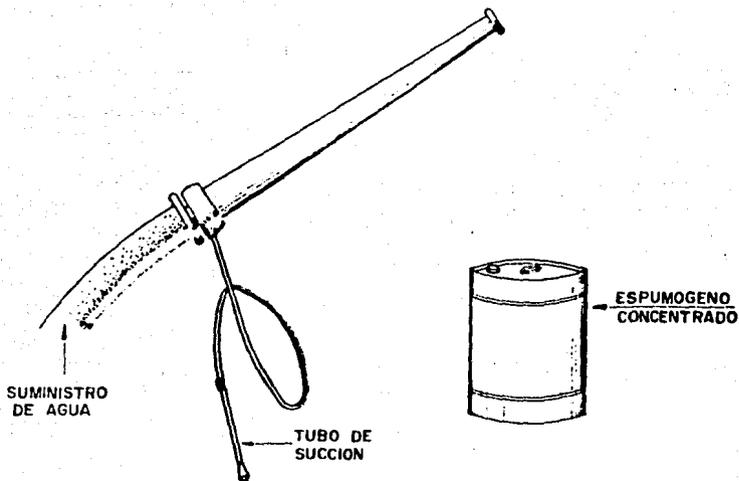


FIG.20 DOSIFICACION DE ESPUMA EN MANGUERAS.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

JOSE HUERTA CONTRERAS

PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA EXTINCION DEL FUEGO

TESIS PROFESIONAL 1980.

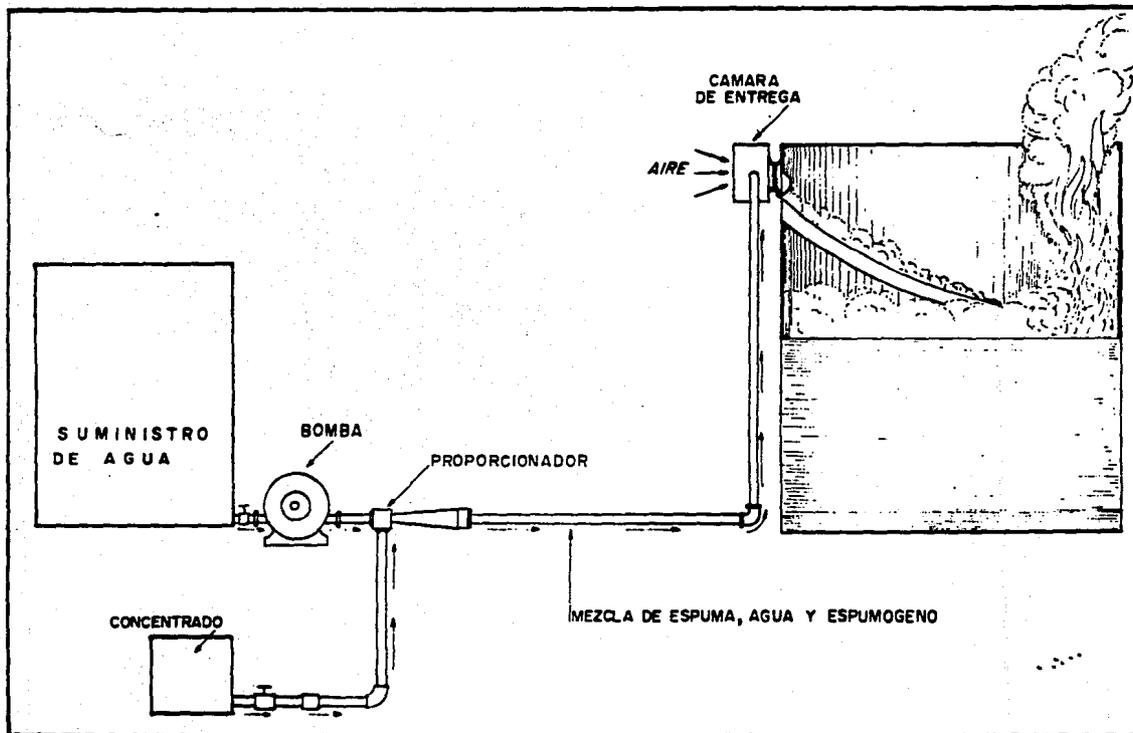


FIG.21 PRODUCTOR DE ESPUMA CON DEFLECTOR PARA TANQUE ABIERTO.

CONCLUSIONES

1. Los extinguidores de agua a presión son utilizados unicamente para combatir incendios de materiales sólidos carbonosos y son recomendables por su bajo costo de adquisición y mantenimiento.
2. Para instalaciones donde se pueden presentar los tres tipos de incendios principales, se sugiere contar con extinguidores de polvo químico abc los cuales contienen como base fosfato de amonio, su único inconveniente es su alto costo en el mercado.
3. Los extinguidores portátiles de espuma química son eficientes en incendios de líquidos inflamables, sin embargo actualmente se estan dejando de fabricar al ser substituidos por extinguidores de polvo químico. Esto obedece a la dificultad al efectuar los trabajos de limpieza del área donde se utiliza este material.
4. Los generadores de espuma mecánica son equipos indispensables en las plantas que manejan cantidades considerables de líquidos inflamables ya que al multiplicar con rapidez el volumen de concentrado se pueden cubrir áreas de gran magnitud en poco tiempo.
5. Las pérdidas que como consecuencia son causadas por un incendio llegan a ser mayores que las perdidas materiales al momento de un siniestro, entre éstas se cuentan la pérdida de mercado, utilidades que se dejan de percibir y las indemnizaciones.

B I B L I O G R A F I A

1. Perry J. H.
Manual del Ingeniero Químico
II, 30, (1970)
2. National Fire Codes
VIII, 10a. Edición (1973)
3. Hazardous Materials National Fire Protection
Association
Secciones 325 M, 49, 5a. Edición (1973)
4. Fire Protection Handbook
Secciones 3, 13, 14 y 16, Edición 14 (1976)
5. Manual Técnico Kurt Gieck
172, 173 y 174, 6a. Edición

*

*