



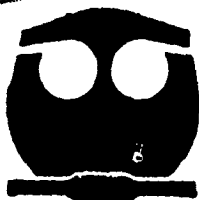
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

67
Res

**Diseño de Protección contra Incendio a Base
de Inyección Subsuperficial de Espuma
para Tanques de Almacenamiento
de Líquidos Inflamables.**

**TESIS MANCOMUNADA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N
Catalina Herrera Hidalgo
*Luis Ignacio Padilla Camacho***



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

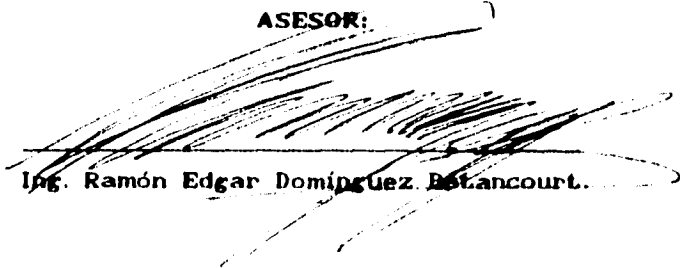
JURADO ASIGNADO:

Presidente: Prof. Ernesto Ríos Montero.
Vocal: Prof. Jorge Trinidad Martínez Montes.
Secretario: Prof. Ramón Edgar Domínguez Betancourt.
1er.Suplente: Prof. José Agustín Texta Mena.
2do.Suplente: Prof. Humberto Rangel Dávalos.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:


Facultad de Química; Instituto Nacional de Control
Total de Pérdidas.

ASESOR:

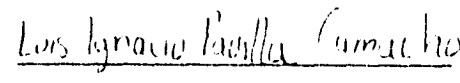


Ing. Ramón Edgar Domínguez Betancourt.

SUSTENTANTES:



Catalina Herrera Hidalgo.



Luis Ignacio Padilla Gamacho.

Luis Ignacio Padilla Gamacho.

agradecimientos:

a Dios nuestro creador, a nuestros abuelos, padres, hermanos,
tíos, primos, sobrinos y a Carlitos.

al ingeniero Ramón Domínguez por su colaboración.

¿qué es este amor?

¿qué quiere decir?

¡porque es difícil imaginar que tanto
amor no tenga un significado! ¿qué
mensaje me lleva? ¿viene de Dios, de las
tinieblas, viene de la química de la
carne, viene de una mente loca? ¡cuántas
preguntas! y son las preguntas eternas.

CAPITULO I

INTRODUCCION. 3

CAPITULO II

LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES. 5
METODOS PARA EXTINGUIR EL FUEGO. 9
CLASES DE INCENDIOS. 11
DEFINICION DE LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES. 12
TERMINOS EMPLEADOS. 15

CAPITULO III

ESPUMAS. 19
TIPOS DE ESPUMAS. 21
CONCENTRADOS ESPUMOGENOS. 22
CALIDAD DE LA ESPUMA Y PRUEBAS. 31
SELECCION DEL AGENTE ESPUMOGENO. 37
COMPATIBILIDAD. 38
IMPACTO AMBIENTAL. 38
DURACION EN ALMACENAMIENTO. 40

CAPITULO IV

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES. 43
TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFERICOS. 46
TANQUES DE ALMACENAMIENTO A BAJA PRESION. 50
TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESION. 51

CAPITULO V

SISTEMAS DE APLICACION DE ESPUMA A TANQUES DE ALMACE-

NAMIENTO	53
SUMINISTRO DE AGUA.....	55
SUMINISTRO DE CONCENTRADO.....	55
DISPOSITIVOS DOSIFICADORES.....	57
DISPOSITIVOS DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE ESPUMA.....	68

CAPITULO VI

DISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCION SUBSUPERFICIAL DE ESPUMA.

BASES DE DISEÑO.....	86
DESCRIPCION DEL PROCESO.....	89
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	90
CRITERIOS DE DISEÑO.....	99
LISTA DE EQUIPO.....	104

CAPITULO VII

CONCLUSIONES.....	106
-------------------	-----

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA.....	108
-------------------	-----

APENDICE

INDICE.....	1
-------------	---

CAPITULO I

INTRODUCCION

El manejo de líquidos inflamables conlleva un alto riesgo de incendio, en especial en las áreas de almacenamiento debido a que se manejan grandes volúmenes de líquidos y en consecuencia, la acumulación de esa energía es también muy grande.

En caso de incendio, bajo este tipo de situaciones, la liberación de esa energía es en grandes cantidades y durante un muy largo tiempo. las estadísticas con relación de las industrias que sufren incendios indican que sólo la mitad de ellas vuelven a la operación y de estas últimas, aproximadamente la mitad suspenden su operación en los doce meses siguientes. Esto da una idea de la importancia de los sistemas contra incendio.

El trabajo propuesto describirá los criterios de diseño para el combate de incendios en tanques de almacenamiento de líquidos inflamables usando sistemas de inyección subsuperficial de espuma, sus ventajas y desventajas y la forma en que se pueden adaptar a tanques en operación.

Además, hablará de las características de los componentes de este tipo de sistemas y de la preparación o capacitación del personal para operarios, así como, los inventarios de concentrados espumógenos requeridos de acuerdo a las características de las plantas de proceso y las normas en vigor.

CAPITULO II

LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.

En la industria las sustancias peligrosas más empleadas son los líquidos inflamables y combustibles, el conocimiento de sus propiedades físicas y químicas es importante para prevenir y combatir los incendios que involucren estas sustancias.

La asociación nacional de protección contra el fuego NFPA (siglas de National Fire Protection Association) estudia y clasifica los líquidos inflamables y combustibles y la información obtenida la registra en sus estándares entre los que se encuentran:

Estándar No. 30 "Código de líquidos inflamables y combustibles" (flammable and combustible liquids code).

Estándar No. 32 "Clasificación básica de líquidos inflamables y combustibles" (Standard on basic classification of flammable and combustible liquids).

Estándar No. 325 "Los líquidos, gases y sólidos volátiles inflamables, sus propiedades y riesgo de incendio" (Standard fire hazard properties of flammable liquids, gases and volatile solids). Estos estándares se utilizan tanto para-

clasificación como para base de diseño en todo proceso que maneje líquidos inflamables y combustibles.

TEORIA DEL FUEGO

El fuego es la manifestación por medio de calor y luz de la combustión de una sustancia. La combustión es una propiedad química que consiste en la oxidación del combustible en presencia de un agente oxidante generalmente aire, esta reacción es exotérmica, es decir desprende energía, y se representa en general de la siguiente forma:



Así, un combustible es aquel material que no ha alcanzado su máximo estado de oxidación, su estado físico puede ser sólido, líquido o gaseoso, por lo general es de origen orgánico como los hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, ácidos orgánicos, celulosas, ligninas, etc. formados principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque también algunos metales y sus aleaciones son combustibles como sodio, potasio, magnesio, aluminio, zinc, titanio y uranio.

Si la oxidación del combustible orgánico es completa los productos de combustión son bióxido de carbono y agua, la energía liberada se puede manifestar como fuego, calor o la combinación de ambos.

clasificación como para base de diseño en todo proceso que maneje líquidos inflamables y combustibles.

TEORIA DEL FUEGO

El fuego es la manifestación por medio de calor y luz de la combustión de una sustancia. La combustión es una propiedad química que consiste en la oxidación del combustible en presencia de un agente oxidante generalmente aire, esta reacción es exotérmica, es decir desprende energía, y se representa en general de la siguiente forma:



Así, un combustible es aquel material que no ha alcanzado su máximo estado de oxidación, su estado físico puede ser sólido, líquido o gaseoso, por lo general es de origen orgánico como los hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, ácidos orgánicos, celulosas, ligninas, etc. formados principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque también algunos metales y sus aleaciones son combustibles como sodio, potasio, magnesio, aluminio, zinc, titanio y uranio.

Si la oxidación del combustible orgánico es completa los productos de combustión son bióxido de carbono y agua, la energía liberada se puede manifestar como fuego, calor o la combinación de ambos.

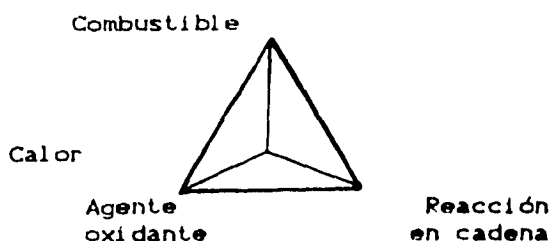


Figura 1.- Tetrahedro del fuego, muestra los cuatro requisitos para la combustión con flama.

En general hay dos formas de combustión, con flama o sin flama. La combustión con flama por los requisitos que implica se representa por un tetrahedro. En este tipo de combustión existe una vaporización previa a la oxidación sea líquido o sólido el combustible, que evidencia una reacción química en etapas elementales en las que hay uno o más intermediarios activos (átomo ó radical libre) que se regeneran continuamente (reacción en cadena) y la velocidad de formación del producto puede ser muy alta.

La reacción se lleva a cabo en fase vapor, es decir el oxígeno y el combustible se ponen en contacto a nivel molecular obteniéndose un alto grado de combustión, la velocidad de reacción está controlada por dos variables, la rapidez de formación de los vapores del combustible y el oxidante y la rapidez de la reacción de oxidación; al estar en contacto el-

aire con los vapores se forma una premezcla muy peligrosa porque la velocidad de reacción está controlada sólo por la rapidez de combinación, debido al contacto de los reactivos la reacción se efectúa sin resistencia y la propagación del fuego es rápida. En la combustión con fuego se alcanzan temperaturas de al menos 1482 °C (2700 °F).

La combustión sin flama también llamada combustión superficial, por los requisitos que necesita, se representa por un triángulo. Se produce directamente en la superficie del sólido combustible en contacto con el aire, no implica la gasificación del combustible y como consecuencia las velocidades de reacción son bajas. La combustión de la madera, el carbón vegetal y algunos metales son ejemplos de esta forma de oxidación.

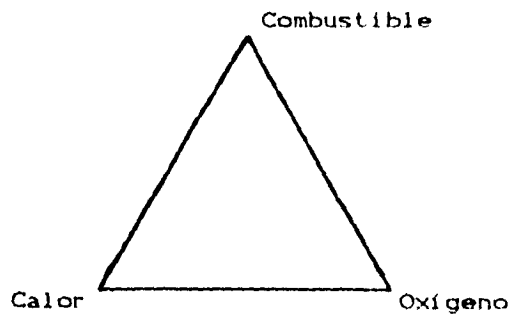


Figura 2.-Triángulo del fuego, muestra los tres requisitos para la combustión sin flama.

METODOS PARA EXTINGUIR EL FUEGO.

Existen cuatro métodos básicos para extinguir el fuego pero debido a las características y propiedades tan diversas de los combustibles, el control y extinción de un incendio puede involucrar una o más de las siguientes técnicas:

1.-Retirar el calor a mayor velocidad de la que se libera.

Del análisis de incendios de hidrocarburos líquidos en recipientes se conoce que dos terceras partes del calor liberado pasa al ambiente en forma de calor sensible y una tercera parte se transmite como calor radiante. La cantidad de calor producida debe ser igual a la energía transmitida, pero si la rapidez con que se libera energía es mayor a la rapidez con que se transmite, el incendio aumentará, y al contrario si la rapidez de transmisión es mayor a la de liberación, el incendio disminuirá. Como una gran parte del calor se disipa por radiación, convección y conducción el agente extintor sólo necesita absorber una pequeña parte de la energía liberada, y la eficiencia del agente extintor dependerá de su calor latente, calor específico y punto de ebullición.

2.-Separar el combustible y el agente oxidante.

Para separar el combustible y el agente oxidante es necesario cubrir el combustible incandescente por un medio indirecto que separe el material, del fuego y los vapores producidos.

3.-Diluir la concentración de la fase vapor del combustible y/o el agente oxidante por debajo de su concentración necesaria para la combustión.

La concentración del oxígeno en el aire es de 20.9% aproximadamente además de encontrarse en otros compuestos que pueden actuar como oxidante tales como peróxidos, hipocloritos, etc.

Para disminuir la concentración del oxígeno en un incendio se utiliza la aplicación de gases inertes como bióxido de carbono y nitrógeno, cuando el tipo de combustible permite aplicar agua, la concentración de oxígeno se diluye por el vapor liberado.

4.-Terminar la secuencia de la reacción en cadena.

Para terminar la secuencia de la reacción en cadena es necesario extinguir rápidamente las llamas. Cuando ha ocurrido la ignición de una mezcla gas-aire o gas-oxígeno este es el único método de evitar una explosión. La forma de extinguir las llamas es impedir que los productos intermedios cumplan su papel de continuar la reacción. Entre las sustancias que pueden lograr romper la cadena están los hidrocarburos halogenados líquidos o gaseosos, sales metálicas alcalinas y sales de amonio, algunos ejemplos son: Bromotrifluorometano [CBrF_3], bicarbonato de sodio [NaHCO_3], fosfato de amonio [$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$]

CLASES DE INCENDIOS.

La clasificación de incendios se hace por el combustible involucrado y por la fuente de ignición que determinan sus características.

Incendios clase A.

En este tipo de fuego están involucrados materiales como madera, papel, caucho, tela y plásticos, todos combustibles sólidos, para extinguirlos se utiliza agua que absorbe el calor generado o polvos químicos CO_2 /halón que interrumpen la reacción en cadena. Se divide en dos categorías:

Combustión con flama.- Involucra la formación de volátiles que resultan de la descomposición térmica del combustible por ser en fase vapor la oxidación es rápida y el calor transferido hacia el combustible genera más vapores.

Combustión incandescente.- Se lleva a cabo dentro del combustible se caracteriza por la pérdida de calor lenta y la velocidad de reacción entre el combustible y el oxígeno también es lenta. Normalmente se presentan ambas, la combustión con flama y la incandescente y dependiendo del tipo de combustible una precede a la otra.

Incendios clase B.

En este tipo de fuego están involucrados grasas, aceites y líquidos inflamables y combustibles. La extinción se hace separando el combustible del oxidante o interrumpiendo la reacción en cadena. La oxidación de estos materiales es rápida porque se efectúa en fase vapor y la formación de los vapores

de combustible se debe al calor radiante y la crepitación del combustible, comúnmente se extingue con espuma/polvo químico seco y con alternativa de usar CO₂/halón/agua. En el caso de materiales solubles en agua el agente de extinción debe ser un espumógeno tipo alcohol insoluble en el combustible.

Incendios clase C.

Este tipo de fuego involucra equipo eléctrico energizado y por protección los agentes de extinción a emplear no deben ser conductores de electricidad, por su conductividad los espumógenos no se deben emplear en esta clase de incendio a menos que el equipo este desenergizado, como agente de extinción se usa halon/CO₂/polvo químico seco.

Incendios clase D.

En este tipo de fuego están involucrados metales combustibles como el magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc. Se combate con agentes que absorban el calor más rápido de lo que se libera y que no reaccionen con el combustible. La oxidación es rápida y depende de las propiedades físicas y químicas del metal se extingue con polvo químico especial .

DEFINICION DE LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.

Los líquidos inflamables y combustibles tienen diferentes características, así como diferentes precauciones para manejarlos, existen reglamentos que rigen las medidas de seguridad de protección contra incendios de manera que hay-

diferentes formas de clasificarlos.

Líquido inflamable lo define la norma 30 del sistema de clasificación de NFPA como cualquier líquido que su punto de inflamación sea menor a 38 °C (100 °F) y a esta temperatura una presión de vapor absoluta no mayor a 2.8 kg/cm²(40 lb/pulg²); la presión de vapor absoluta incluye la influencia de la presión atmosférica que es de aproximadamente 1.033 kg/cm². Si se resta esta presión, a la medida se le llama presión manométrica. los líquidos inflamables se subdividen en tres categorías como se muestra en la tabla I.

Clase	Punto de inflamación	Punto de ebullición
clase I	menor de 38°C(100°F)	
clase IA	menor de 23°C(73°F)	mayor 38°C (100°F)
clase IB	menor de 23°C(73°F)	mayor o igual a 38°C
clase IC	entre 23°C (73°F) y 38°C (100°F)	

Tabla I .-división de los líquidos inflamables.

Los líquidos inflamables se vaporizan y forman mezclas inflamables cuando están en recipientes abiertos, cuando ocurre un derrame o cuando se les calienta, la magnitud del peligro se determina principalmente por el punto de infla-

mación del líquido, la concentración de los vapores en el aire y la existencia de una fuente de ignición o la mezcla necesaria para que los vapores se enciendan. En el manejo y uso de líquidos inflamables se recomienda evitar que grandes superficies de líquido se expongan al aire, ya que sin la mezcla aire-vapor, estos por sí mismos no arden ni explotan, por consiguiente deberán almacenarse en tanques cerrados resistentes al fuego y todos los movimientos de productos y las reacciones que demanden los procesos deben llevarse a cabo en tuberías o equipo cerrado, toda operación debe realizarse en instalaciones al aire libre para evitar la acumulación de gases en caso de incendio o explosión, los daños son considerablemente menores en espacios abiertos que en edificios cerrados, además las maniobras para la extinción de incendios son más sencillas y menos peligrosas.

Los líquidos combustibles se definen como cualquier líquido que tiene su punto de inflamación a una temperatura igual o mayor de 38 °C (100 °F) , la volatilidad de los líquidos aumenta cuando alcanzan una temperatura equivalente o mayor a su punto de inflamación por lo que se consideran líquidos inflamables aunque estén fuera del intervalo de la norma a condiciones normales, los líquidos combustibles se dividen en tres subclases como se resume en la tabla 2.

clase	punto de inflamación	ejemplos
clase II	entre 38°C(100°F) y 60°C(140°F)	keroseno, diesel
clase IIIA	entre 60°C (140°F) y 93.4°C (200°F)	fuel oil #6
clase IIIB	mayor a 93.4°C (200°F)	asfalto

tabla 2.-División de líquidos combustibles.

Términos empleados.

Punto de inflamación: es la temperatura más baja que necesita un líquido contenido en un recipiente abierto para emitir vapores en proporción suficiente para permitir la combustión continua.

Límites de inflamabilidad: son los límites máximo y mínimo de concentración de un combustible dentro de un medio oxidante y en este intervalo la llama una vez iniciada continúa propagándose a una temperatura y presión específicas; la cifra menor corresponde al valor límite mínimo de inflamabilidad (mezcla pobre) y la mayor al límite máximo (mezcla rica), al

aumentar la temperatura de la mezcla aumenta el margen de inflamabilidad y al disminuir la temperatura disminuye. Una mezcla inflamable puede dejar de serlo al quedar situada arriba o debajo de los límites de inflamabilidad.

Punto de ebullición: el punto de ebullición de un líquido a una presión determinada, es la temperatura a la que su presión de vapor de equilibrio se iguala a esa presión establecida.

Presión de vapor: si se coloca cierta cantidad de un líquido puro en un recipiente vacío, con un volumen mayor que el líquido, una porción del líquido se evaporará hasta llenar con vapor el volumen restante; si queda líquido una vez establecido el equilibrio, la presión manométrica desarrollada es la presión de vapor del líquido y es una propiedad característica del mismo, la presión de vapor en el recipiente sólo es función de la temperatura del sistema.

El índice de evaporación es la velocidad con que un líquido pasa a un estado de gas o vapor a una temperatura y presión dadas.

Ignición: para que ocurra una ignición espontánea deben de existir dos condiciones, una es la oxidación del material y la segunda es que el calor de oxidación se debe producir más rápido de lo que se disipa, la pérdida de calor aumenta en proporción a la elevación de la temperatura; cualquier superficie que este arriba de 260 °C puede ser considerada como una fuente constante de ignición porque a esta temperatura-

aumentar la temperatura de la mezcla aumenta el margen de inflamabilidad y al disminuir la temperatura disminuye. Una mezcla inflamable puede dejar de serlo al quedar situada arriba o debajo de los límites de inflamabilidad.

Punto de ebullición: el punto de ebullición de un líquido a una presión determinada, es la temperatura a la que su presión de vapor de equilibrio se iguala a esa presión establecida.

Presión de vapor: si se coloca cierta cantidad de un líquido puro en un recipiente vacío, con un volumen mayor que el líquido, una porción del líquido se evaporará hasta llenar con vapor el volumen restante; si queda líquido una vez establecido el equilibrio, la presión manométrica desarrollada es la presión de vapor del líquido y es una propiedad característica del mismo, la presión de vapor en el recipiente sólo es función de la temperatura del sistema.

El índice de evaporación es la velocidad con que un líquido pasa a un estado de gas o vapor a una temperatura y presión dadas.

Ignición: para que ocurra una ignición espontánea deben de existir dos condiciones, una es la oxidación del material y la segunda es que el calor de oxidación se debe producir más rápido de lo que se disipa, la pérdida de calor aumenta en proporción a la elevación de la temperatura; cualquier superficie que este arriba de 260 °C puede ser considerada como una fuente constante de ignición porque a esta temperatura-

ningún material aislante puede interrumpir la transmisión de calor y si el calor fluye más rápido de lo que se disipa, la temperatura aumentará hasta que ocurra la ignición. Al introducir la llama por un medio externo como una chispa o brasa incandescente se le denomina ignición provocada.

Temperatura de ignición: es la temperatura mínima que necesita una sustancia para inflamarse.

Autoignición: si la ignición no la provoca un foco externo.

Explosiones: se producen cuando el combustible y el agente oxidante se mezclan antes de la ignición; en consecuencia la reacción de combustión progresa al no existir la resistencia de la mezcla aire-vapor del combustible y la rapidez de reacción tiende a ser infinita.

Densidad relativa de un mezcla vapor-aire: es la relación del peso de una mezcla vapor-aire que resulta de la vaporización en condiciones de equilibrio de un líquido inflamable a temperatura y presión determinadas, y del peso de un volumen igual de aire en condiciones idénticas entonces el valor de la densidad relativa depende del peso molecular del vapor generado por la temperatura del sistema y la presión de vapor del líquido combustible. A temperaturas inferiores a la temperatura de ebullición, la presión de vapor de un líquido puede ser tan baja que la mezcla vapor-aire esté formada casi exclusivamente por aire y tenga una densidad muy próxima a la del aire puro, es decir el valor de la densidad relativa de la mezcla vapor-aire será cercano a la unidad.

Tensión interfacial: La tensión interfacial resulta de la atracción que existe entre las moléculas de un líquido y se manifiesta como la contracción en la superficie de este y es posible atribuirle un valor definido a esta tensión que es la misma en cada punto y en todas direcciones a lo largo de la superficie del líquido; se le define como el trabajo necesario para extender el área de una línea de un centímetro de longitud de la interfase de dos líquidos inmiscibles un centímetro cuadrado, es un trabajo hecho por una fuerza que actúa en ángulo recto sobre una línea de un centímetro de longitud en la interfase de los líquidos. Cuando una de las fases en contacto es un gas se le denomina **tensión superficial**. **Flotación:** es el empuje ascendente ejercido por el fluido circundante sobre un cuerpo o volumen de fluido.

CAPITULO III

ESPUMAS

Un sistema coloidal consta de partículas de tamaño comprendido entre los 30 y los 10 000 angstrom y de un medio continuo en el que las partículas se encuentran dispersas, estas partículas pueden estar en estado sólido, líquido o gaseoso, o pueden ser moléculas individuales y lo mismo ocurre para el medio de dispersión.

Una espuma es un sistema coloidal en el que burbujas de gas se encuentran dispersas en un líquido o en un sólido; cuando la fase de dispersión es un líquido, la espuma está formada de un gran número de pequeñas burbujas separadas por una película continua de líquido, el diámetro de las burbujas no es mayor a los 10 000 angstrom y la distancia entre ellas es este mismo valor. Todos estamos familiarizados con las espumas las vemos por ejemplo cuando usamos jabón, servimos una cerveza, andamos en la playa o cuando utilizamos una piedra pómez.

Una espuma extinguidora de fuego es un agregado estable de pequeñas burbujas de aire o gas inerte en un medio continuo formado por agua y un concentrado espumógeno, tiene densidad menor al agua, gasolina o aceite y flota sobre la su-

perficie del líquido combustible (ver fig.(3)); entre sus propiedades de superficie encontramos que puede cubrir y adherirse a superficies verticales u horizontales; fluye libremente sobre la superficie de un líquido ardiente formando sobre este una capa continua útil para excluir el acceso de aire y de suprimir los vapores volátiles del combustible extinguiendo el fuego; resiste la destrucción por el viento, arrastre, calor, el ataque de las flamas y es capaz de volver a sellar en caso de ruptura mecánica; por su contenido de agua es capaz de enfriar la superficie del combustible; además mantiene estas propiedades por períodos relativamente largos. Para producir la espuma es necesario contar con los tres ingredientes principales, agua, aire y un concentrado espumógeno de formulación especial.

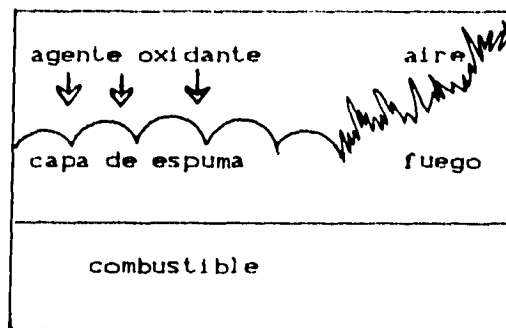


Fig.(3) Ingredientes principales de una espuma.

Tipos de espumas

Existen dos tipos de espumas contra incendio, la espuma química y la espuma mecánica; reglamentadas por NFPA 11 "Standar for low expansion foam and combined agent systems" y 11 B "Standar for medium and high expansion foam systems"

La espuma química es la forma espumante más antigua contra incendio (1903), consiste en la reacción de una solución de una sal alcalina por ejemplo bicarbonato de sodio NaHCO_3 y una solución de una sal ácida normalmente sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ para formar un gas (dióxido de carbono CO_2) en presencia de un agente espumógeno, el cual atrapa el gas en burbujas para formar una película de espuma; la energía para formar las burbujas viene de la reacción química, este tipo de espuma no tiene un uso importante en general, necesita un excesivo mantenimiento para asegurar su confiabilidad y en una emergencia el esfuerzo humano es considerable, esto ha hecho poco deseable este tipo de espuma y se considera obsoleta.

La espuma mecánica, se produce por la mezcla de agua, un concentrado espumógeno y aire atmosférico el cual es introducido mecánicamente, la agitación de la solución provocada por la introducción de aire forma la estructura burbuja. Existen diferentes tipos de espuma mecánica, cada uno para una aplicación específica de acuerdo a sus propiedades y funcionamiento, estos son:

- 1.-Espuma proteica.

2.-Espuma fluoroproteica.

3.-Espuma sintetica.

a) Espuma formadora de pelicula acuosa (AFFF).

b) Espuma de alta expansion.

c) Espuma de surfactante tipo hidrocarbonado.

4.-Espuma especial tipo alcohol.

Concentrados espumogenos.

Las espumas son el unico agente para transportar el agua a lugares inaccesibles o espacios confinados usando sistemas de inundacion total, aplicacion local o dispositivos portatiles, tales sistemas estan constituidos por los mismos componentes basicos: un concentrado espumogeno, abastecimiento de agua contra incendio, un sistema de proporcionamiento, aire y un formador de espuma; cada concentrado proporciona una espuma especifica para combatir un riesgo determinado.

EL concentrado que es el agente espumogeno liquido especialmente formulado por los fabricantes esta constituido por agentes tensoactivos semejantes a los jabones, detergentes o moléculas con un extremo polar y un extremo hidrocarbonado que al agregarse a sistemas de agua-acelte disminuyen la tension interfacial debido a la presencia del tensoactivo en la interfase, con el extremo polar en contacto con el agua y el hidrocarbonado en contacto con el aceite, por ejemplo $C_{17}H_{35}COO^-Na^+$; $ROSO_3^-Na^+$; $(CH_3)_3RN^+Cl^-$.

la tensión interfacial denominada tensión superficial cuando una de las fases es un gas, es resultado de la tendencia a la contracción, es decir la superficie de un líquido se comporta como si estuviera sometido a una tensión a la cual es posible atribuirle un valor definido, es el mismo en cada punto y en todas direcciones a lo largo de la superficie del líquido. Como las burbujas de la espuma son frágiles, se necesitan algunos aditivos para proporcionarles elasticidad y estabilidad contra las tensiones mecánicas, su cantidad y tipo dan propiedades diferentes a cada concentrado, las diferencias entre los concentrados espumógenos dependen de lo siguiente:

- 1.- Si el concentrado es formulado de materiales existentes en la naturaleza o de químicos sintéticos.
- 2.- Si los químicos sintéticos son fluorados o no fluorados.
- 3.- De la velocidad de expansión.
- 4.- El tipo de combustible a proteger.
- 5.- Si es capaz de formar película superficial en combustibles solubles en agua.

La diferencia de los concentrados de concentración 1%, 3%, 6%, es que el porcentaje se refiere a la cantidad de concentrado que debe ser proporcionado o premezclado con agua para dar la solución espumógena resultante; como indica el número de partes de concentrado que debe mezclarse con agua para formar la solución de 100 partes; si deseo hacer 1 000 L de solución espumógena premezclada se requieren:

10 l de concentrado al 1%

30 l de concentrado al 3%

60 l de concentrado al 6%

De manera que el agente espumógeno más concentrado da la mayor economía en peso, espacio y costo.

Concentrado espumógeno proteico.

Se obtiene de fuentes naturales como proteína de harina de cuerno, pluma o pezuñas, se hidroliza y neutraliza, después se le agregan, estabilizadores de espuma (sales metálicas), inhibidores de corrosión, bactericidas para evitar la descomposición por microorganismos, anticongelantes y solventes para controlar la viscosidad etc. de esta manera asegurarse que esté listo en caso de emergencia. Se usa como solución al 3 ó 6%, por ejemplo, la proporción correcta para el concentrado espumógeno del 6% es seis partes de concentrado y 94 partes de agua.

Estas espumas, efectúan dos mecanismos de extinción de fuego: primero se forma una placa de espuma que evita la formación de vapores del combustible, en el segundo, el contenido de agua proporciona un efecto enfriante. Entre sus propiedades espumantes se encuentra que son muy estables y tienen gran resistencia al calor, pero no son tan fluidas sobre la superficie del combustible, la expansión de la espuma varia-

en función de las características del equipo así como de la correcta dilución.

Es deseable su aplicación sobre hidrocarburos con baja solubilidad en agua, gasolina, combustible diesel, combustible para avión. Sus características humectantes la hacen útil en el combate de fuegos clase A. No se recomienda su aplicación en combustibles que tienen solubilidad apreciable en agua (solventes polares) tal como el alcohol etílico, alcohol metílico, acetona y metil etil cetona entre otros.

Concentrado espumógeno fluoroproteico.

Este tipo de concentrado es similar al anterior pero con la adición de un surfactante sintético fluorado parecido a los agentes espumógenos formadores de película acuosa AFFF pero en concentraciones muy bajas, este surfactante químico proporciona una mayor movilidad a la espuma, aumenta la habilidad de extinción, resistencia a la reignición y da un sellado excelente; sus propiedades oleofóbicas son tan pronunciadas que la extinción del fuego en hidrocarburos no tiene posibilidad de fallas; la mayoría de las compañías petroleras y químicas confían en su uso en situaciones de emergencia.

Concentrados espumógenos sintéticos.

Básicamente, no son proteínas hidrolizables, entre estos se encuentran los concentrados formadores de película acuosa, concentrados espumógenos de alta expansión y concentrados surfactantes del tipo hidrocarbonado.

Concentrado espumógeno formador de película acuosa.(AFFF)

El concentrado espumógeno AFFF (aqueous film forming foam) está constituido por una combinación de tensoactivos hidrocarbonados combinados con fluoroquímicos, solventes de alto punto de ebullición, agua y estabilizadores. Se almacenan como soluciones concentradas o como soluciones premezcladas en agua potable; como concentrado se usa al 1 ó al 3% y con anticongelante; estas espumas cumplen tres mecanismos de extinción del fuego que consisten en lo siguiente: primero forma una película acuosa con la función de evitar el escape de vapor de combustible, en el segundo, la capa de espuma forma una película que fluye rápida y efectivamente sobre la superficie del combustible excluyendo el oxígeno, en el tercero, el contenido de agua da un efecto enfriante. La aplicación de estas espumas se recomienda en hidrocarburos de baja solubilidad en agua, tienen mayor efectividad por costo en la protección de líquidos inflamables; por sus características humectantes es útil en fuegos clase A, tanques de almacenamiento exteriores, fuego en bosques, papel, refinerías de-

petróleo, terminales de carga, tuberías, líquido derramado, etc. Estos agentes no son adecuados para fuegos que involucren gases licuados, tanques que contengan refrigerantes o líquidos criogénicos, alcoholes, ésteres, cetonas, anhídridos y materiales que reaccionan violentamente con el agua. Como la película acuosa se forma sacrificando la resistencia al calor de la capa de espuma, una exposición prolongada al fuego puede causar espumado violento en tanques de almacenamiento de líquidos inflamables causando la expulsión de una porción del contenido de estos. El concentrado es compatible con el polvo químico seco cuando se aplica secuencial o simultáneamente, combinando la capacidad de extinción rápida y la habilidad de extinción en tres dimensiones del polvo con la capacidad de sellar y asegurar de la espuma AFFF, de tal manera que la combinación de ambos puede ser de particular importancia para la protección de líquidos inflamables y combustibles.

Concentrado espumógeno del tipo surfactante
hidrocarbonado.

Formado por la mezcla de surfactantes químicos hidrocarbonados no fluorados, solventes y agua, se producen en diferentes tipos, en función del dispositivo productor de espuma empleado (expansión y tiempo de drenado). Normalmente se usan en solución de 1 a 6% según la velocidad de descarga de

agua. Estos agentes espumógenos no forman película acuosa o membrana polimérica en la interfase espuma-combustible, en cambio, forman un agregado de burbujas de espuma sobre la superficie del combustible, además no tiene la estabilidad y resistencia al fuego que presentan otras espumas después de un tiempo prolongado de exposición. Normalmente se forma la espuma con los dispositivos para producir espumas de base proteica. Dependiendo de la composición del concentrado espumógeno, la espuma resultante puede ser utilizada como un agente humectante (suspensión en agua, de gotitas de aceite divididas finamente) para fuegos clase A o como un emulsificante para uso en fuegos con combustibles clase B insolubles en agua, almacenados a temperatura y presión ambiente, también para combatir fuego ocasionado por derrame de productos de petróleo.

Concentrado espumógeno de alta expansión.

La espuma de alta expansión es una agregación de burbujas generadas mecánicamente por el paso de aire u otros gases a través de una red o medio poroso el cual es humedecido por una solución acuosa de agentes espumógenos tensoactivos y bajo ciertas condiciones se generan las espumas de 100 a 1 y 1000 a 1 (espumas de media y alta expansión). La espuma de alta expansión extingue el fuego al reducir la concentración de oxígeno de donde se asiente el fuego, por

enfriamiento, por interrupción de la convección y al excluir el exceso de aire en el fuego, cuando se genera en suficiente cantidad puede impedir que el aire necesario para la combustión alcance el fuego, cuando se lanza directo contra la zona de mayor calor acumulado, el agua de la espuma se convierte en vapor reduciendo la concentración de oxígeno por dilución del aire; la conversión del agua a vapor absorbe el calor del combustible ardiente. Un objeto caliente en contacto con la espuma mantiene el proceso de destruir la espuma convirtiendo el agua en vapor y de esta forma se enfría dicho cuerpo; la solución espumógena no convertida a vapor tiende a penetrar los materiales que generan fuego clase A; sin embargo los fuegos localizados en lugares profundos requeriran un desmantelamiento del material incendiado, para la protección de materiales expuestos o estructuras que no están envueltas en fuego puede formarse una barrera aislante de espuma previniendo de esta forma la propagación del incendio.

Concentrado espumógeno especial resistente al alcohol

Esta constituido por tensoactivos fluoroquímicos hidrocarbonados especiales, solventes y polímeros de alto peso molecular. Normalmente estos concentrados tienen como base concentrados AFFF a los cuales se añade un polímero soluble en agua (polisacárido) por ser este de origen natural

se adicionan pequeñas cantidades de un agente antimicrobiano para prevenir la degradación biológica. Existen también con otra formulación totalmente sintética con un solvente polar y un concentrado espumógeno fluoroproteico de esta manera se eliminan los problemas asociados con la espuma proteica (sedimentación y fango).

Este concentrado está formulado como solución proporcionada al 3% con agua; puede ser almacenado como solución premezclada con agua potable; (solamente cuando es de formulación sintética puede usarse como solución proporcionada al 6% o 3% dependiendo del tipo de combustible).

Estos concentrados efectúan tres mecanismos de extinción sobre cualquiera de los combustibles clase B miscibles en agua (alcohol metílico o acetona). En el primero si se trata de un hidrocarburo combustible no polar, se forma una película acuosa, si es el caso de un combustible solvente polar se forma una membrana polimérica; esta película forma una barrera para prevenir el escape de vapor del combustible. En el segundo, independientemente del tipo de combustible, se forma una capa de espuma la cual excluye el oxígeno y por esta drenan los líquidos que forman la película polimérica Fig.(3). En el tercero el contenido de agua de la espuma produce un efecto enfriante.

Se recomienda una aplicación suave en cualquiera de los combustibles no polares o solventes polares para resguardar la integridad de la barrera protectora, la menor sumersión de

la espuma puede destruirla; por sus características humectantes sirven para combatir el fuego clase A.

Calidad de la espuma y pruebas.

Debido al gran uso de las espumas ha surgido la necesidad de estandarizar los procedimientos de análisis en el laboratorio estos permiten la caracterización de la espuma así como su efectividad en diferentes condiciones de operación. Las pruebas de calidad para los concentrados espumógenos son estandarizadas por los Underwriters Laboratories (en la norma UL-162) Son una medida de las propiedades físicas (expansión, tiempo de drenado, concentración), la espuma obtenida usando la combinación de agua y el equipo que un fabricante X específica debe cumplir con estas pruebas y se recomiendan para las espumas con proporción de expansión de 20:1 o menor.

Prueba de expansión.

la espuma debe tener un valor de expansión no menor en una unidad ni mayor en dos unidades de expansión en relación al valor obtenido con equipo de prueba seleccionado por el fabricante excepto: el equipo de inyección subsuperficial debe tener un valor de expansión no menor en media unidad ni mayor en una unidad de expansión en relación al valor obtenido con equipo de prueba. La prueba de expansión se hace des-

pués de la prueba de drenado, así cuando el 35 % de la muestra se completa, todo el líquido colectado se regresa al recipiente de muestreo. El peso de la muestra se obtiene restando el peso del recipiente al peso total. El valor del coeficiente de expansión para los propósitos de esta prueba se puede tomar como el recíproco de la densidad de la espuma generada y se calcula con la siguiente fórmula.

$$\text{coeficiente de expansión} = \frac{\text{volumen recipiente (ml)}}{\text{peso total} - \text{peso recipiente (g)}}$$

Por ejemplo: Un cilindro graduado a 1000 ml lo llenamos de espuma, el peso del cilindro lleno es de 450 gramos y el peso del cilindro vacío es de 250 gramos. La proporción de expansión se calcula como sigue:

$$\text{expansión} = \frac{1000 \text{ ml}}{450 \text{ gr} - 250 \text{ gr}} = 5$$

Los concentrados espumógenos se clasifican por su expansión como sigue:

expansión baja: proporción de expansión menor de 20:1

expansión media: proporción de expansión de 20:1 a 200:1

expansión alta: proporción de expansión mayor de 200:1

Los valores típicos de proporción de expansión son los siguientes:

expansión baja = 8:1

expansión media = 100:1

expansión alta = 500:1

Verificación de la concentración del concentrado

La determinación de la concentración de la solución espumógena estable en agua, usada para generar la espuma sirve para checar la precisión de los aparatos del sistema de proporcionamiento, y para checar que la concentración no se desvíe del nivel de diseño porque puede influir en la expansión y el valor de tiempo de drenado; la prueba está basada en cambios del índice de refracción de la solución. Para conocer la concentración de concentrado líquido disuelto en la muestra de espuma tomada para la prueba de expansión se usa un refractómetro. Las determinaciones de concentración no son necesarias cuando se usan soluciones premezcladas. Si es necesario la lectura del refractómetro se corrige por temperatura. La concentración de la solución espumógena se determina con una curva de calibración, esta curva se prepara haciendo lecturas en el refractómetro de soluciones de concentración conocida y con los resultados obtenidos se hace una gráfica de concentración porcentual contra lectura refractométrica.

Tiempo de drenado.

La espuma debe tener un tiempo de drenado del 25 % no menor en un minuto ni mayor en dos minutos al tiempo de drenado del 25 % obtenido con equipo de prueba seleccionado por el fabricante. Para la prueba del tiempo de drenado del 25 %

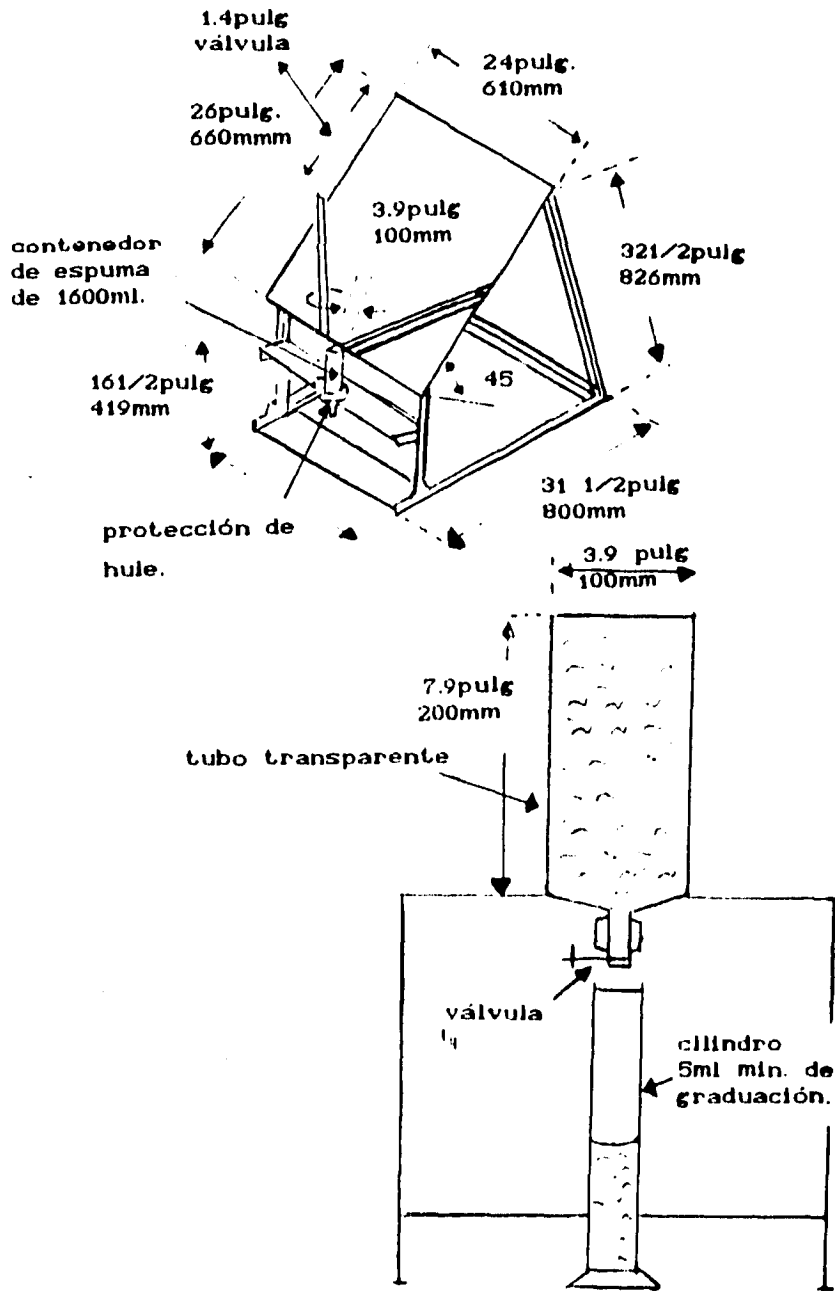
se coloca una muestra de espuma obtenida directamente de la descarga del generador de espuma en el deslizador de la fig. [4], para el equipo de inyección subsuperficial la muestra se obtiene de la válvula lateral para muestreo del formador de espuma a alta contrapresión. Las muestras se dirigen cuidadosamente al contenedor de muestra mientras se descarga la espuma al drenaje, también se pueden producir las muestras por medios equivalentes. Tomar las muestras a las siguientes presiones de entrada. Mínima, media y máxima. En equipo de inyección subsuperficial las muestras se toman con las siguientes combinaciones.

presión de entrada	contrapresión
mínima	máxima
mínima	mínima
máxima	máxima
máxima	mínima

El deslizador típico consiste en una hoja de metal o fibra de vidrio, sujeta a una estructura con una inclinación respecto al suelo de 45° . La espuma sobre la superficie del deslizador se desplaza hacia el contenedor de muestra en la parte baja de la hoja. El contenedor de muestra tiene capacidad de 1,600 ml fig. [4]. El volumen colectado se registra en intervalos regulares. El tiempo requerido para drenar el 25 % de el volumen de la solución de la muestra de espuma se determina por interpolación en la gráfica volumen de líquido contra tiempo requerido para colectar dicho volumen. El tiem-

po cero es cuando el recipiente de muestra se encuentra totalmente lleno. Otra alternativa de obtención del tiempo de drenado del 25% es registrar el tiempo requerido para drenar el volumen de líquido que tenga un peso igual al 25% de la muestra de espuma; es un valor usado para expresar la velocidad de drenado de las espumas, es una medida de la retención de agua, de la habilidad y la fluidez de la espuma. Por ejemplo: para 180 gramos de espuma (consideramos densidad igual a uno para simplificar la comparación de unidades) el 25% del volumen de muestra son 45 ml, el tiempo de drenado se obtiene por cronometraje de diferentes volúmenes de la muestra inicial y por interpolación se obtiene el tiempo de drenado del 25% del volumen.

Figura 4.- Deslizador de espuma y contenedor de muestra
(abajo)



Selección del agente espumógeno

la selección correcta del agente espumógeno depende del análisis objetivo de riesgos y consiste en la identificación de lo siguiente:

- 1.- Tipo de combustible.
- 2.- Cantidad del combustible.
- 3.- Clasificación del combustible.

Una vez que estos factores se identificaron, la selección del agente y el método de aplicación se hará tomando en cuenta el factor económico. El valor del riesgo se expresa generalmente en términos de:

- 1.- Seguridad a la vida.
- 2.- Costo capital de reemplazo.
- 3.- Costo de interrupción de labores.

Además de esto, tenemos que existen diferencias entre los concentrados espumógenos, por ejemplo en :

- 1.- Costo.
- 2.- Estabilidad y vida útil.
- 3.- Características de extinción.
- 4.- Técnicas de aplicación.

Compatibilidad

La compatibilidad de los diferentes tipos de concentrados espumógenos es un término que define la variación de las características físicas y químicas de un concentrado espumó-

geno y la mezcla de este con otros concentrados espumógenos. En NFPA 11 se establece que no deben mezclarse concentrados espumógenos a menos que este determinado que son compatibles y específicamente establece que no es conveniente mezclar concentrados espumógenos proteicos, fluoroproteicos de diferentes tipos o de diferente fabricante a menos que se especifique que se pueden almacenar por largo tiempo y que no reducen la eficiencia de extinción del fuego del equipo en el cual serán usadas. Las espumas de baja expansión y la combinación de agentes de diferentes tipos o marcas no deberán mezclarse para almacenaje. Los concentrados proteicos, fluoroproteicos y AFFF para los cuales no existen estandares de compatibilidad solo se mezclarán en una emergencia o si el fabricante posee datos de soporte para la mezcla. Aunque la compatibilidad concierne al almacenaje, las espumas generadas separadamente y constituidas de proteína, fluoroproteicas y AFFF pueden ser aplicadas en un incendio en secuencia o simultáneamente. Es necesario conocer la compatibilidad entre los concentrados espumógenos AFFF, proteicos y el polvo químico seco.

Impacto ambiental

Existen cuatro áreas de interés para el destino final de los concentrados espumógenos cuando estas soluciones se eliminan a través de agua potable: toxicidad a peces, biodegra-

dabilidad, tratamiento en plantas de aguas residuales y carga de nutrientes. Las pruebas de toxicidad se hacen con peces de prueba en agua potable o de desague. La biodegradabilidad es una medida de la facilidad que tienen las bacterias para degradar las soluciones, para los concentrados fluoroproteicos y los proteicos no existe problema debido a que por sí mismos son biodegradables despues de disolverse, las bacterias las usan como fuente de comida, adicionalmente el oxígeno disuelto en agua lo usan como parte de su proceso metabólico. Estas soluciones no son tóxicas a la población microbiológica de las plantas de tratamiento de agua residual y menos cuando el tratamiento implica el uso de una espuma para el tratamiento secundario como medio de transporte de los sólidos suspendidos, se sabe que cuando se adicionan nutrientes al agua puede ocurrir crecimiento de algas porque actúan para promover su desarrollo, los nutrientes concernientes a ecosistemas acuáticos son los fosfatos, los nitratos y raras veces el carbón; para las soluciones AFFF no se presentan estos problemas debido a que no son fuente de nutrientes, pero no son biodegradables.

Duración en almacenamiento como concentrado
espumógeno o solución premezclada.

La duración en almacenamiento es el tiempo que un concentrado o su solución premezclada permanece sin un cambio significativo en sus características de operación y depende de la composición, la temperatura ambiente, materiales de construcción y cuando se trata de soluciones premezcladas del tipo de agua, además es necesario conocer el tipo de concentrado espumógeno que se utilizará, por ejemplo, cuando hablamos de AFFF no se presentan los mismos problemas relacionados con los concentrados proteicos o fluoroproteicos, tales como, sedimentación, precipitación y estratificación ocasionados por el contenido de sólidos también puede ocurrir una descomposición natural pero si la solución contiene surfactantes sintéticos es difícil que se presente. Es muy importante que un concentrado protegido con anticongelante no sea premezclado pues se le afectarán sus propiedades más importantes, por ejemplo, el abatimiento del punto de congelación. A ciertos concentrados espumógenos lo que más les afecta es mantenerlos a una temperatura más baja de la especificada por el fabricante, pero cuando se toman en cuenta sus recomendaciones de uso y cuidado puede esperarse una duración aproximada de 20 a 25 años, aunque siempre se recomienda una inspección anual.

Usos y limitaciones de las espumas

Usos: el uso más importante es la extinción de fuego en líquidos mas ligeros que el agua; prevención de inflamación o ignición en áreas de derrame u otras áreas peligrosas mediante la aplicación de capas de espuma; para aislar y proteger del calor por radiación; para extinguir fuego en superficies de materiales ordinariamente combustibles tales como madera papel y otros, en tanques de almacenamiento sólo la espuma ha resultado ser práctica.

Limitaciones: las espumas no son agentes de extinción adecuados en fuegos que involucran gases licuados por compresión como butano, butadieno, propano etc. y generalmente no se protegen con espuma los tanques con líquidos refrigerados o criogénicos.

En la aplicación de la espuma puede resultar que el agua drenada por la espuma llege a ebullición aumentando así la cantidad de calor liberado lo que incrementa la severidad de el fuego y evita el desarrollo de la capa de espuma. Sobre recipientes con aceites combustibles que han ardido por largos períodos de tiempo o en recipientes conteniendo aceites calientes, asfaltos etc. debe ser cuidadosa sobre todo si su temperatura es superior al punto de ebullición de el agua o están expuestos al fuego debido a que el agua puede causar el espumado de el líquido contenido e incluso causar el derrame del tanque.

No es recomendable usarla en: fuegos de tipo eléctrico donde entrará en contacto con equipo energizado, con materiales que reaccionen violentamente con el agua como el sodio metálico y sobre solventes polares si no se prueba antes para comprobar si es adecuada. En la elección del sistema de extinción se debe evaluar la posibilidad y el alcance de daños producidos por el agente. El aplicarlo en tanques de aceite comestible, aceites de cocina y otros productos de la industria alimentaria aumentarán sustancialmente las pérdidas al contaminarlos. Se deben tomar las medidas adecuadas para evitar la contaminación de los suministros de agua por espuma o soluciones deshechadas.

Es incompatible con ciertos agentes humidificantes o secantes debido a que pueden colapsar la espuma inmediatamente.

CAPITULO IV

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS INFLAMABLES Y/O

COMBUSTIBLES

Para almacenar líquidos inflamables y/o combustibles es necesario contar con recipientes adecuados que permitan un manejo cuidadoso. son muchos los procesos que involucran un tanque y existe una diversidad de formas, abiertos o cerrados entre estos se encuentran los tanques de almacenamiento atmosféricos, tanques de almacenamiento a baja presión y tanques de almacenamiento a alta presión; localizados en exteriores, en interiores o bajo tierra. Se construyen en diferentes formas medidas, materiales de acuerdo a las normas vigentes y como lo recomienda el standar No. 30 de NFPA "codigo de líquidos inflamables y combustibles", API 650 "tanques de acero soldados para el almacenamiento de petróleo", API 620 "normas recomendadas para el diseño y construcción de grandes tanques soldados para el almacenamiento a bajas presiones". Cuando el almacenamiento es de materias primas o producto terminado el objetivo principal es el de almacenar grandes volúmenes. Los factores que determinan cuál será el tipo más conveniente son:

- 1.- Función y localización del recipiente
- 2.- Características del fluido.
- 3.- Temperatura, presión de operación, volatilidad del fluido
- 4.- Volumen necesario a almacenar o capacidad de procesamiento.

Los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables deben ser herméticos a fin de reducir las pérdidas por evaporación, como medida preventiva de incendios, poseen orificios de ventilación; los tanques subterráneos usan tubos de ventilación, contienen un cimientó firme y están rodeados de una capa de material inerte no corrosivo como arena, tierra o grava bien apisonada, los mecanismos de ventilación tienen la función de permitir la respiración automática cuando se extrae o se introduce líquido al tanque o cuando hay cambios de temperatura; para los tanques a nivel de piso terminal se construyen diques de manera que puedan contener los líquidos inflamables que se pudieran derramar debido a rebases o pérdidas; además el estandar No. 30 mencionado antes, determina la distancia mínima en que se deben ubicar estos con respecto a los límites de propiedad, a caminos públicos y edificios importantes. En las instalaciones en que la medición a los tanques es manual esta se hace de manera que el operario no tenga que cruzar por el techo del tanque, por ejemplo los sistemas de medición por control a distancia eliminan este problema. Las tuberías superficiales de los -

tanques son de acero, cuando son subterráneas pueden ser de un material diferente al acero si las características del material manejado así lo requieren. Alrededor de los tanques es necesario mantener orden y limpieza, no permitiendo la acumulación de basura, ni usar los espacios próximos a los tanques para almacenar materiales combustibles. Estos tanques son de diferentes formas ya sean horizontales o verticales.

Tanques de almacenamiento atmosféricos.

- 1.- Tanque de techo cónico.
- 2.- Tanques de techo flotante.
 - a) tanque de techo flotante tipo cacerola.
 - b) tanque de techo fijo con techo flotante interno.
 - c) tanque de techo levadizo.
- 3.- Tanque con alivio en el techo.
- 4.- Tanque cilíndrico plano.

Tanques de almacenamiento a baja presión.

- 1.- Tanque hemiesferoidal.
- 2.- Tanque esferoide (esfera).
- 3.- Tanque inclinado esferoidal.

Tanques de almacenamiento atmosféricos

Son aquellos que están diseñados para operar a una presión de vapor (a la temperatura de almacenamiento) sustancialmente menor a la presión atmosférica como se especifica en API 650; se ocupan para almacenar materiales cuya presión de vapor es baja como: crudo, aceites pesados, combustibles para hornos, gasolinas, naftas y químicos no volátiles. Se construyen de forma variada y en materiales como leña, concreto, acero al carbón o de otros metales para usos específicos. Los recipientes cerrados pueden dividirse en recipientes cilíndricos verticales de fondo plano y cubierta cónica, que normalmente trabajan a presión atmosférica, recipientes cilíndricos con cabezas abombadas en sus extremos cuando es necesario un diseño riguroso por la presión de vapor del líquido almacenado y finalmente los recipientes esféricos empleados para el almacenamiento de grandes volúmenes de líquido bajo presiones moderadas, muchos de estos tanques se protegen con válvulas de vacío para mantener la diferencia de presión dentro del tanque.

Tanque de techo cónico (fijo).

Generalmente son de medidas mayores a 76 metros de diámetro y 18 metros de altura (250 y 60 pies respectivamente);

La forma más común para techos de tanques de almacenamiento, es la cónica, los techos se diseñan para soportar un-

peso de 20 lb/ft^2 resultado de una combinación de personal y cargas de vientos, si se trabaja en una zona de nevadas se debe considerar el peso de la nieve. Se usan frecuentemente en la industria petrolera, petroquímica y química. Para tanques de diámetros mayores el techo está soportado por miembros estructurales internos, como vigas para tanques de 8 a 24 m de diámetro ó armaduras para 24 a 72 m, se prefiere este tipo de techo cuando ocurren asentamientos importantes en el fondo del tanque, se usan para almacenar productos no volátiles como combustóleo, gasóleo, alcohol, petroquímicos, etc.

El tanque de techo tipo sombrilla es una modificación de este tipo de tanques, tiene placas segmentadas en arco y raramente se construye en diámetros mayores a 18 metros; el de techo domo las placas se forman con segmentos de curvatura esférica.

Tanque de techo flotante.

Estos tanques de almacenamiento son más comunes se usan para minimizar el problema de derrame por llenado hasta el borde y las pérdidas por evaporación o bombeo por medio de la eliminación de la fase gaseosa o por mantener constante el espacio vapor encima del líquido almacenado. La tapa está diseñada para flotar sobre la superficie del líquido; la cubierta y el fondo se construyen como en el de techo cónico, los tipos de tanques que comunmente se usan son:

- 1.- Tanque de techo flotante tipo cacerola (abierto en la parte superior).
- 2.- Tanque de techo fijo con techo flotante interno.
- 3.- Tanque de techo levadizo.

Tanque de techo flotante tipo cacerola.

Es el tipo de tanque más simple de los de tapa flotante, está provisto de medios para sellar el espacio entre la pared del tanque y la tapa móvil, (está diseñado para soportar cargas de agua o nieve considerables, conservando una flotación adecuada. Las juntas de las paredes con el techo pueden ser del tipo espuma o mecánicas) su diseño es para prevenir el fuego y para la conservación del producto, además tienen un registro excelente de fuego. Este tipo de tanque no requiere salidas fijas de espuma en la parte superior aunque comúnmente el fuego comienza en los sellos, este puede extinguirse con espuma, que además actúa como un sello previniendo la re-ignición de los vapores.

Tanque de techo fijo con techo flotante interno

Tiene un techo fijo generalmente de forma cónica, construido de material diferente al acero tal como plástico o aluminio y en su interior tienen un techo flotante de acero-

tipo cacerola el cual es llamado cubierta flotante y sirve para eliminar totalmente la fase gaseosa. Su aplicación es en el campo en lugares donde grandes nevadas podrían poner en peligro un techo flotante abierto en la parte superior; además el producto almacenado no se contamina, sirve para almacenar productos refinados volátiles como gasolinas, gas-avión

Tanques de techo levadizo

Este tipo de tanques es poco utilizado; las pérdidas de vapor se previenen por medio de sellos líquidos o sellos secos, teniéndose pérdidas mínimas por medio de la eliminación de la fase gaseosa, el techo es libre de moverse hacia arriba o hacia abajo dentro de los límites de llenado y vaciado o cuando la temperatura puede causar vaporización del material almacenado. Cuando estos tanques están en servicio, las mezclas inflamables en el espacio vapor no existen a menos que los productos sean llevados al tanque por medio de un bombeo rápido, se usa para almacenar productos volátiles como naftas y gasolinas.

Tanques con válvulas de vacío

Para proporcionar espacio de expansión a los vapores sin el uso de un techo externo libre existen los que tienen un techo plano que es esencialmente una membrana de acero flexi-

ble capaz de moverse hacia arriba o hacia abajo pero dentro de un corto intervalo, los que tienen un techo aerodinámico que puede proporcionar grandes cambios de volumen; el tanque con techo-domo para vapor el cual ocupa un domo fijo donde una membrana flexible se sujeta a las paredes, puede moverse libremente hacia arriba o hacia abajo y proporciona tantos cambios de volumen se necesiten.

Tanques cilíndricos planos

Se usan para almacenar material en cantidades no muy grandes a presión atmosférica, usualmente tienen cabezales o cubiertas y son colocados en posición vertical u horizontal sobre soportes de acero o concreto.

Tanques de almacenamiento a baja presión

Se usan para el almacenamiento de materiales altamente volátiles con presión de vapor constante a la temperatura de almacenamiento mayor que 0.5 psig pero no mayor que 15 psig, entre estos se encuentran las mezclas de gasolinas, naftas claras, pentano y algunos químicos volátiles, los tipos más comunes son el hemiesférico, el esferoidal y el tanque inclinado esferoidal. El tanque hemiesferoidal es similar a el de tapa cónica excepto que el asiento en el techo es curvo para soportar la presión, los hay de forma hemiesferoidal-

plano, nodado y de curva lisa a la intersección de la carcaza y la cúspide de la tapa. El tanque esferoide es casi una esfera, excepto que está aplanado; es de construcción soldada, en cuanto al consumo de material es el mas económico; en tamaños mayores a 3 metros de diámetro se ocupa para almacenar grandes volúmenes de fluido a presiones moderadas principalmente gases a temperatura y presión normales por ejemplo el gas natural, butano, isobutileno, hidrógeno, amoniaco y diversos productos petroquímicos. El tanque inclinado esferoidal se ocupa para almacenar grandes cantidades de fluido, usa amarres y soportes para mantener la carcaza bajo presión.

Tanques a presión

Los recipientes a presión son muy importantes en una planta química, refinería u otro tipo de planta industrial aunque no son muy apropiados para el almacenamiento de productos líquidos tales como hidrocarburos volátiles, gasolinas, etc. Estos pueden ser clasificados conforme a su servicio, de acuerdo a su presión, temperatura, al tipo de material con que se construyen, la geometría del recipiente o la manera como van a ser instalados. Se pueden clasificar en recipientes horizontales, verticales, y esféricos; los recipientes horizontales son aquellos que descansan sobre dos soportes (silletas), el denominado salchicha es el tipo clá-

sico, aunque los recipientes a presión normalmente se utilizan como acumuladores. los recipientes verticales son de varios tipos y generalmente son reactores o torres. Los recipientes esféricos se usan principalmente para el almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos bajo presión. Uno de los factores principales que intervienen en el diseño y construcción de recipientes a presión cilíndricos es la forma de cierre en los extremos de las envolventes, esta puede ser por medio de placas planas o cabezas de forma cónica, el empleo de cabezas abombadas es el tipo más comúnmente usado porque presenta una reducción al cambio brusco de forma cuando se ensamblan al cuerpo del recipiente disminuyendo así los esfuerzos localizados. La construcción e inspección de los tanques a alta presión diseñados para operar a presiones mayores de 15 psig se considera en el Capítulo VI de A.P.I. 650 "recipientes a presión no sujetos a fuego".

Capítulo V

SISTEMAS DE APLICACION DE ESPUMA A TANQUES DE

ALMACENAMIENTO

La selección del equipo de protección contra incendio es de gran importancia para los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables y/o combustibles, estos recipientes implican grandes riesgos de incendio; la elección de un sistema está en función del tipo de tanque, su localización, material almacenado y cantidad a almacenar, aunque existen sistemas recomendados para cada tipo de tanque, se sugiere que al comenzar un diseño, la planeación se enfoque a sistemas de extinción fijos; debido a que los métodos semifijos o portátiles de aplicación del agente espumógeno sólo son métodos de emergencia. Los sistemas fijos para tanques exteriores de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles son tuberías superficiales o subterráneas desde la línea principal de abastecimiento de espuma hasta los tanques, la distribución es a través de salidas de descarga fijas en la parte superior del tanque y es necesario instalar permanentemente algunas bombas, estos sistemas se recomiendan para tanques que almacenan productos inflamables y/o combustibles de gran im-

portancia, para instalaciones distantes o lugares donde sea insuficiente el personal entrenado.

S I S T E M A S F I J O S.

- 1.- Salidas de descarga.
- 2.- Inyección subsuperficial de espuma.
- 3.- Sistema de torres.
- 4.- Sistema de aspersion de espuma.
- 5.- Monitores.
- 6.- Boquillas.

Los sistemas semifijos son menos confiables cuando se trata de grandes tanques, estos sistemas cuentan con salidas de descarga fijas conectadas a la tubería, la cual termina a una distancia segura de los tanques, la instalación de la tubería fija puede o no incluir un generador de espuma siendo necesario transportar los materiales productores de espuma hasta el lugar donde a aparecido el fuego. Existe otro tipo en el que la solución productora de espuma se distribuye desde un lugar central por medio de una tubería y la espuma se descarga mediante un monitor o una torre portátil.

S I S T E M A S P O R T A T I L E S.

- 1.- Torre portátil.
- 2.- Monitores.

Un sistema de protección contra incendio por medio de algún agente espumógeno contiene los siguientes componentes básicos que son comunes a todos los sistemas:

- 1.- Suministro de agua.
- 2.- Suministro de concentrado.
- 3.- Dispositivo dosificador (proporcionador de solución)
- 4.- Dispositivo generador de espuma.
- 5.- Dispositivo de descarga de espuma.

Suministro de agua

El agua es un ingrediente principal de las espumas, por lo que se recomienda hacer un estudio detallado del suministro de agua disponible para poder determinar si este es aceptable o será necesario establecer recursos adicionales. La fuente de suministro puede contener varias impurezas que repercutirán en la calidad de la espuma formada y sus propiedades, entre estas se encuentran, material mineral, gases disueltos, turbidez, sedimentación, color, materia orgánica, olor, microorganismos; sin embargo no son perjudiciales dependiendo de la naturaleza y cantidad presentes, así como la tolerancia de la espuma a estas impurezas. El agua utilizada en estas espumas es potable, salada o dura (la dureza expresada en calcio y magnesio no debe exceder las 500 ppm), pero debe de ser de la calidad adecuada para que no se presenten efectos adversos al formarse la espuma o se vea-

afectada su estabilidad, no es conveniente usar inhibidores de corrosión, químicos para romper la emulsión o algún aditivo adicional. El suministro de agua puede ser de:

- 1.- Corriente de estanque.
- 2.- Red de agua contra incendio.
- 3.- Tanque con bomba contra incendio.
- 4.- Camión de bombeo contra incendio.

Los factores preponderantes son la cantidad y la presión de suministro de agua que el sistema proporciona, porque debe de abastecer todos los dispositivos que se utilicen simultáneamente, además de una cantidad adicional para las otras operaciones de extinción del fuego. La presión de operación del sistema de espuma (generador de espuma, productor de espuma etc.) bajo las condiciones de flujo requeridas debe ser menor a la presión para la cual el sistema se diseñe. Adicionalmente a esto, la producción óptima de espuma se obtiene con agua a una temperatura de -15°C (4°F) hasta 37.7°C (100°F) pues una temperatura mayor reduce la eficiencia.

Suministro de concentrado

En tanques de almacenamiento del tipo atmosférico con agente espumógeno, la opción mas económica de protección son los sistemas fijos; en los lugares con deficiente suministro de agua o energía eléctrica es recomendable el uso de soluciones premezcladas. Como se observa, la disponibilidad del

agua, las fuentes de potencia eléctrica, la medida del riesgo, la calidad del personal de brigadas contra el fuego son los factores que determinan la forma como será usado y almacenado un agente espumógeno por lo que las formas de almacenamiento más comunes son las siguientes:

1. - Premezclado.
2. - Bote de 19 litros (5 gal).
3. - Bateria de botes de 208 litros (55 gal).
4. - Trailers con una cantidad de concentrado.
5. - Tanque de almacenamiento.
6. - Diáfragma o tanque vejiga.

Dispositivos dosificadores (proporcionamiento)

La dosificación se refiere a la introducción de concentrado espumógeno en agua, ambos en cantidades previamente determinadas. Durante la producción y aplicación de las espumas se requiere llevar a cabo tres operaciones distintas cada una de las cuales consume energía, una de estas es el proceso de dosificación otra es la fase de generación de la espuma y la última la aplicación de la espuma también llamado distribución. La dosificación adecuada es esencial para el funcionamiento óptimo del concentrado, si es diferente a la dosificación de diseño entonces disminuirá la eficiencia del producto, un proporcionamiento rico disminuye la duración de la descarga de espuma e incrementa la velocidad de consumo.

Existen varios sistemas de proporcionamiento cada uno para una aplicación específica. los factores decisivos en la elección del sistema son: el flujo requerido de solución, la presión disponible de agua y el análisis de riesgo; los dosificadores se agrupan de la siguiente manera por su diseño y construcción:

- 1.- Eductor de lanza (boquilla inductora de espuma).
- 2.- Inductor en línea.
- 3.- Dosificador alrededor de la bomba.
- 4.- Dosificador de presión equilibrada.
- 5.- Depósito dosificador a presión.
- 6.- Dosificador de bomba y motor acoplados.
- 7.- Soluciones premezcladas.

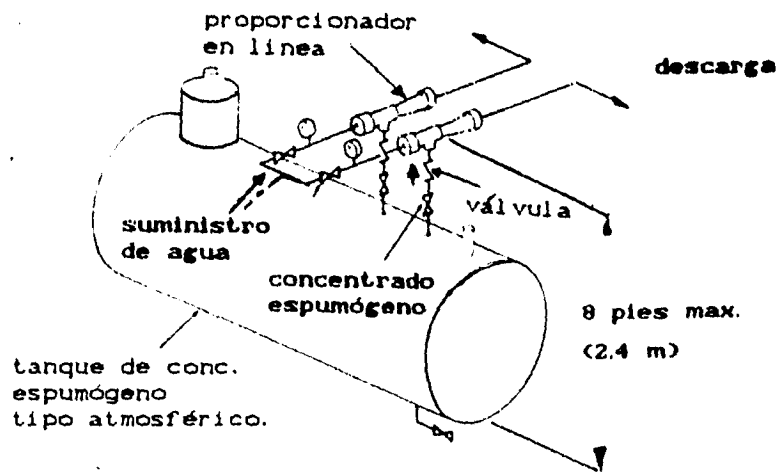
El eductor de lanza utiliza el efecto venturi del productor de espuma crea una succión que arrastra el concentrado espumógeno desde su recipiente hasta la corriente de agua, el concentrado se lleva desde el recipiente que lo contiene hasta la boquilla por medio de una manguera y la mezcla se produce automáticamente en la dosis recomendada; sus limitaciones son las siguientes:

- 1.- El recipiente de concentrado no debe estar a más de 1.8 m (6 pies) debajo del nivel del productor de espuma.
- 2.- La longitud y el diámetro de la manguera entre el recipiente y el productor deben ser de una medida específica

El inductor en línea usa tanques de almacenamiento atmosféricos para el concentrado, la corriente de agua a presión pasa por un eductor creando una zona de presión negativa donde la succión arrastra el concentrado, este sistema requiere una presión para el agua mayor a 7.1 kg/cm^2 (100 psi) aunque pueden operar con presiones de 5.6 kg/cm^2 (80 psi), cada proporcionador se diseña para un flujo de descarga específico a una presión predeterminada y pueden resultar muy económicos. Se usan en sistemas de aplicación fijos o con boquillas portátiles donde el proporcionador en línea es usado como unidad portátil equipado con un tubo flexible de succión que permite la inducción del concentrado de latas y típicamente se aplican en sistemas de protección a tanques con líquidos inflamables, en diques y en cualquier lugar donde se usen, almacenen procesen o transporten líquidos inflamables, sus limitaciones son:

- 1.- Se diseñan para un solo productor de espuma específico y tienen una longitud fija entre el dosificador y el dispositivo de descarga. La caída de presión a través de el inductor es de aproximadamente un tercio de la presión de entrada.
- 2.- El inductor no debe estar a más de 2 m (6 pies) sobre el nivel mas bajo del recipiente de concentrado para permitir la condición de succión por inundación en todo momento.

Fig. (5) Sistema típico de proporcionamiento en línea.



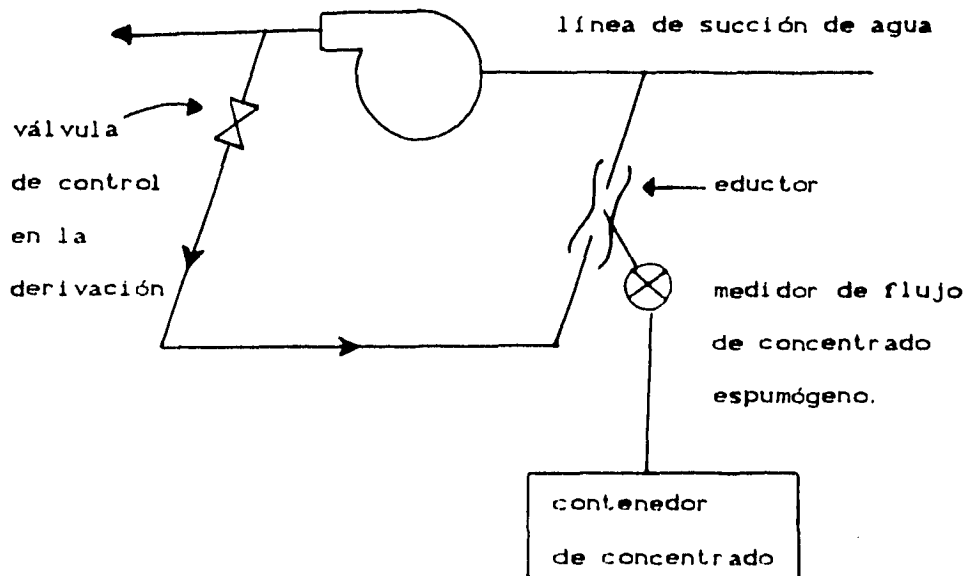
El dosificador alrededor de la bomba utiliza la diferencia de presión entre la succión y la descarga de una bomba para introducir la cantidad necesaria de concentrado a la corriente de agua. Una parte de la descarga de la bomba se desvía hacia el eductor, la salida del eductor se dirige a la succión de la bomba formando una derivación alrededor de la bomba. A la salida del eductor se tiene una solución de concentración muy rica en agente espumógeno y después con la corriente de agua adquiere la proporción adecuada antes de entrar a la bomba. Una vez iniciado el ciclo se estabiliza el porcentaje de dosificación y permanece fijo. Algunos de estos sistemas utilizan una válvula automática conectada a un medidor de orificio para ajustarse de acuerdo a las variaciones en la descarga. Las aplicaciones típicas de estos sistemas son en los camiones de rescate para accidentes aéreos, ca-

miones de espuma y complejos industriales; sus limitaciones son las siguientes:

1.- La presión en la línea de succión de la bomba debe ser cero o de una ligera presión de vacío ya que una presión positiva puede causar disminución de la cantidad de concentrado arrastrado por el eductor o causar un flujo contrario de agua a través del eductor hacia el depósito de concentrado.

2.- El proporcionador no debe estar a más 1.8 m (6 pies) sobre el nivel más bajo del recipiente de concentrado. La corriente en la derivación depende del diámetro del dispositivo y de la presión por lo que deben conocerse estos factores para determinar la distribución exacta de la descarga de la bomba.

Fig. [6] Sistema de dosificación alrededor de la bomba.



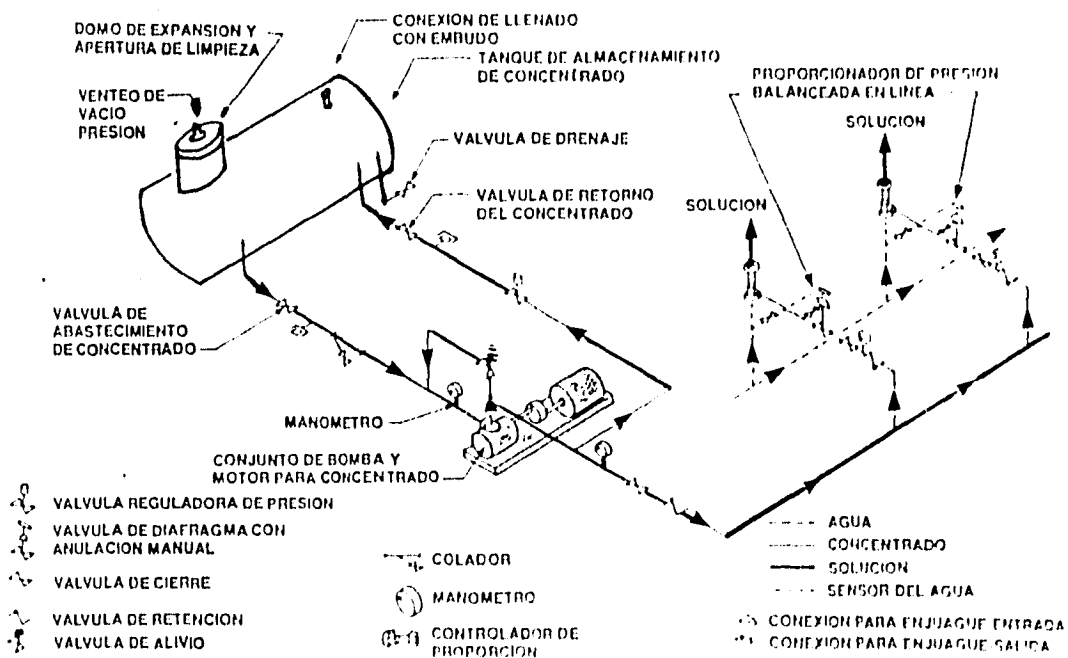
El dosificador de presión equilibrada funciona equilibrando la presión del concentrado y el agua en la entrada del dosificador por lo que se puede usar en un intervalo amplio de flujos y presiones, también responde rápidamente a los cambios de presión y flujo de agua. (La presión de concentrado en la entrada debe ser de 1.1 kg/cm^2 (15 psi) mayor a la presión de entrada de agua). La cantidad de concentrado se controla por un medidor de orificio antes de entrar a la corriente de agua, una válvula en la línea de regreso de concentrado al depósito regula la presión, el concentrado que no es requerido regresa al tanque aunque también se puede regular manualmente con una válvula de globo y un manómetro doble que indica la presión del agua y la del concentrado; por adición de una válvula automática a cada proporcionador se puede elegir la descarga de espuma o sólo de agua. Usan tanques de almacenamiento atmosféricos para el concentrado de materiales como acero templado, fibra de vidrio reforzado con plástico polietileno; utilizan bombas de desplazamiento positivo, se diseñan para un control exacto de flujo de concentrado a la corriente de agua. Se pueden conectar proporcionadores múltiples a una sola bomba. Se puede dosificar la solución cerca de la descarga aunque el tanque y la bomba estén lejos. La presión del agua puede ser distinta sin afectar la concentración de la solución. Se tiene la capacidad de combinar dosificadores de diferentes tamaños de acuerdo a los

requisitos de cada área; sus limitaciones son las siguientes:

1.- La capacidad del dosificador sólo puede variar del 50 al 200 por ciento aproximadamente a la descarga de diseño. La caída de presión en el dosificador se encuentra en 0.3 a 2.1 kg/cm² (5 hasta 30 psi) dependiendo del volumen de agua .

2.- Se requiere una bomba adicional para el suministro de concentrado al dosificador.

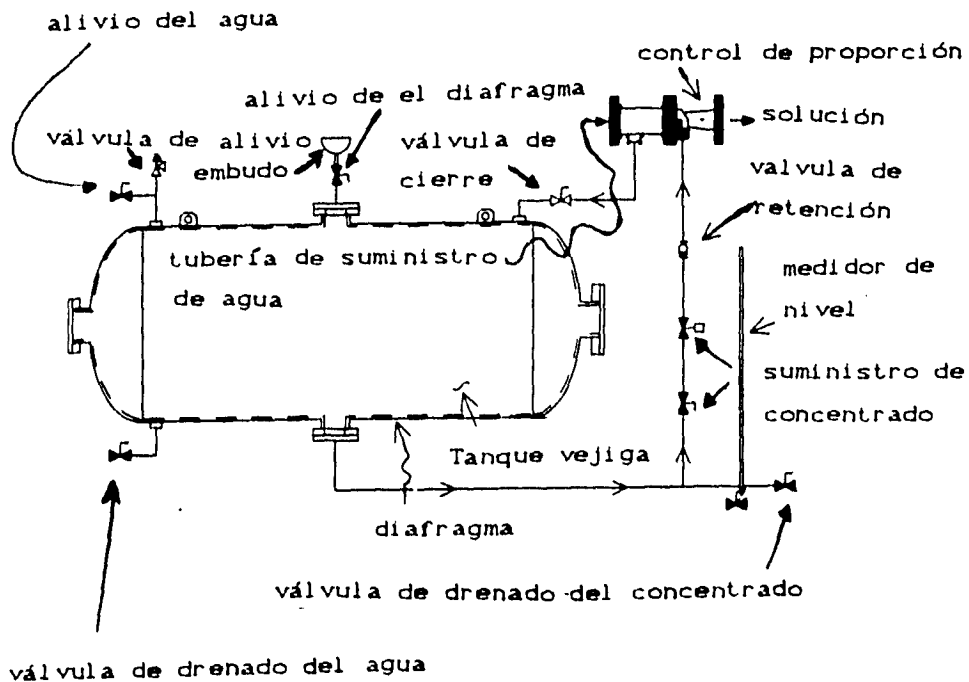
Fig. [7] Sistema típico de dosificación en línea a presión equilibrada.



El depósito dosificador a presión es un sistema de presión equilibrada, usa un tanque de presión controlada por un diafragma interno de elastómero. Para proporcionar concentrado al dosificador tipo vénturi, utiliza agua a presión para oprimir el diafragma; se puede utilizar para sistemas dosificadores sencillos o múltiples y con cualquier dispositivo de descarga. Una ventaja distintiva de este sistema es que no requiere otro suministro de potencia externo que no sea una fuente de agua a presión. Por su diseño simple estos tanques requieren poco mantenimiento, es necesario interrumpir la producción de espuma durante la carga del tanque, pero se puede asegurar la continuidad de la operación con un tanque de doble compartimiento o con dos tanques, cada compartimiento se carga por la parte superior y se drena por la parte inferior; sus limitaciones son las siguientes:

- 1.- La capacidad de este dosificador sólo puede variar entre el 50 y el 200 por ciento de su capacidad de diseño. La caída de presión en el dosificador es de 0.3 a 2.1 kg/cm² (de 5 a 30 psi) dependiendo del volumen de agua y en el intervalo de capacidad arriba mencionado.
- 2.- El tiempo de descarga depende del flujo de agua y es desde 2 minutos para las unidades pequeñas hasta 15 minutos para las unidades grandes. En cada uso la unidad debe desocuparse completamente para poder recargarla.

Fig. [8] Depósito dosificador a presión.



El dosificador de bomba y motor acoplados consiste en acoplar dos bombas de desplazamiento positivo, una para el suministro de agua y otra más pequeña para el concentrado, la dosificación exacta del concentrado en la corriente de agua puede obtenerse al calcular las bombas; sus limitaciones son las siguientes:

- 1.- la caída de presión en el dosificador es del 25 % al flujo máximo.
- 2.- El flujo de agua gobierna el volumen proporcionado por el estabilizador dentro de la corriente de agua.

Las soluciones premezcladas es el método mas sencillo de dosificación, en un recipiente se mezclan porciones premedidas de agua y concentrado, el uso típico de este sistema son los extinguidores portátiles, los extinguidores sobre ruedas y sistemas en vehículos, en la mayoría de los casos las soluciones premezcladas se descargan de tanques a presión usando un gas inerte como dióxido de carbono o nitrógeno, también se usan tanques de depósito atmosféricos y una bomba para transportar la solución. Los bomberos pueden utilizar este método en sus camiones, simplemente un operador deposita una cantidad determinada de concentrado al tanque de depósito y utiliza la bomba para abastecer el depósito de descarga. En estos métodos de premezclado solo se pueden utilizar concentrados AFFF, ya que los concentrados de base proteica no se mezclan muy bien y se descomponen gradualmente en la solución premezclada; el depósito debe estar equipado con una bomba de recirculación pudiendose completar el mezclado a través de la línea de recirculación cuando sean necesario ; sus limitaciones son las siguientes:

- 1.- En este sistema toda el agua es convertida a solución, al contrario de los otros sistemas dosificadores que almacenan el concentrado de forma separada del suministro de agua con los cuales se pueden efectuar descargas de espuma o de agua.

Tabla [3] Criterios de selección de equipo de dosificación o proporcionamiento

tipo: Proporcionador en línea

ventajas: Bajo costo. Se puede llenar durante la descarga.

desventajas: Flujo fijo. Se necesita agua a alta presión. Una parte de la descarga de la bomba pasa por una derivación (By-pass). El cambio en la descarga requerida necesita el ajuste de la válvula medidora. Requiere potencia auxiliar, el rango de operación es 378 a 3785 LPM (100 - 1000 GPM). La presión en la succión de la bomba debe ser cero o de un ligero vacío.

tipo: Presión balanceada.

ventajas: Bajo costo. 7570 l ó más. Amplio intervalo de flujo al proporcionador. Se puede llenar durante la descarga. Intervalo variable de presión. Localización lejana del proporcionador.

desventajas: Requiere potencia auxiliar. Mantenimiento adicional a la bomba.

tipo: Tanque dosificador a presión (tanque vejiga).

ventajas: Bajo costo, capacidad de 7570 l o menos. Amplio intervalo de flujo al proporcionador. Intervalo variable de presión. Operación sencilla. No requiere potencia auxiliar.

desventajas: No se puede llenar durante la descarga. Capacidad limitada.

tipo: Premezclado.

ventajas: Sencillo. No depende del suministro de agua entubado. Proporcionamiento preciso.

desventajas: Capacidad limitada de generación de espuma. El suministro es completamente de espuma. No se puede descargar sólo agua. No se puede usar para concentrados proteicos o fluoroproteicos.

Dispositivos de generación y distribución de espuma

En general las funciones de generación y distribución de la espuma suceden simultáneamente dentro del mismo aparato y en ciertos dispositivos portátiles las tres funciones se combinan en una sola. Una vez que el concentrado se ha adicionado a la corriente de agua el siguiente punto en el sistema es la introducción de aire a la solución para producir una espuma expandida, el proceso se completa cuando la espuma se deposita sobre la zona de riesgo mediante un dispositivo de descarga. En general los métodos de generación de espuma se dividen en los siguientes:

1. - Boquillas y generadores fijos.
2. - Generadores de espuma a alta contrapresión.
3. - Bomba espumante.

Las Boquillas y generadores fijos controlan el flujo de forma que aumentan la presión del fluido, esta presión aumenta la velocidad de flujo y se aprovecha para proyectar

la corriente a una determinada distancia, así cuando la solución pasa por la boquilla se genera la espuma. Estas boquillas contienen una entrada de aire y un tubo para expansión. Unas boquillas aspiran aire y sirven para el suministro de una o varias corrientes de solución, parte de la energía del líquido se usa para aspirar aire y la turbulencia creada después de este punto produce una espuma estable que puede ser dirigida a la zona de riesgo. Se usan en una gran variedad de áreas de riesgo de líquidos inflamables y combustibles, hangares de avión, plantas químicas, ambientes corrosivos y pueden usarse con monitores, sistemas rociadores fijos y mangueras para espuma, se pueden usar para todos los agentes espumógenos de baja expansión por ejemplo la espuma proteica, fluoroproteica o AFFF.

Otras boquillas no aspiran aire y se usan principalmente para la aplicación de agua pero en ciertas circunstancias pueden usarse con soluciones AFFF comunes y soluciones resistentes al alcohol, pero no son adecuadas para soluciones proteicas o fluoroproteicas. En estas boquillas la solución de espuma pasa a través de un orificio y un deflector de la corriente para producir gotas de solución, estas gotas se combinan con aire entre el dispositivo de salida y la superficie del combustible dando como resultado la espuma. Los dos tipos de boquillas normalmente se construyen de acero inoxidable o raras veces de aluminio, tienen poco peso y gran durabilidad; el patrón de corriente es ajustable, la rapidez

de flujo se encuentra entre 227 a 750 LPM (80 a 200 GPM).

Los generadores de espuma fijos son aquellos que se conectan a un depósito desde el cual se arrastra el concentrado por la corriente de agua; estos dispositivos se pueden operar manual o automáticamente por medio de una válvula de control.

Fig [9] Esquema de una boquilla.

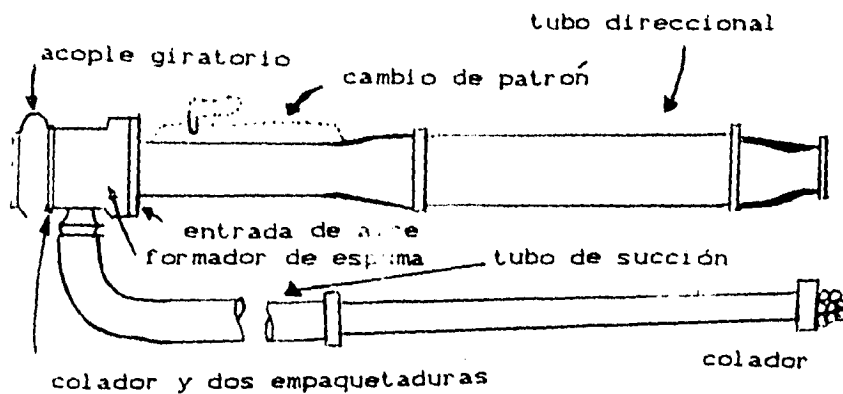
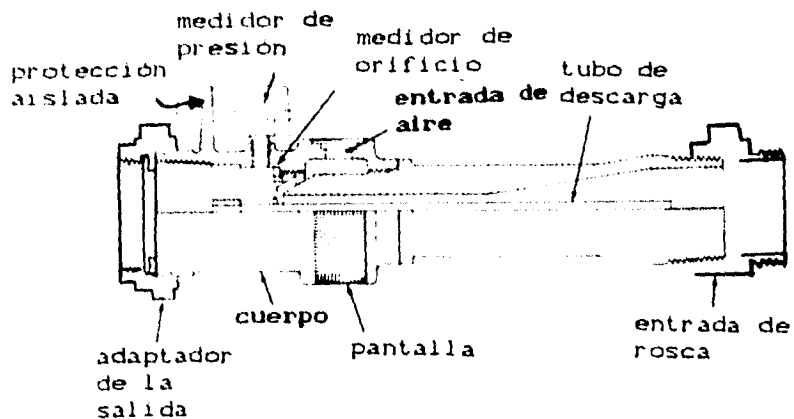


Fig [10] Esquema de un formador de espuma de alta contrapresión.



los generadores de espuma de alta contrapresión o alta presión de retorno se desarrollaron para la descarga de espuma en un hidrocarburo líquido, este dispositivo genera espuma en una proporción de expansión entre 2.1 y 4.1, fuerza la entrada de espuma expandida en el fondo del tanque de almacenamiento de líquidos inflamables; la espuma sube a la superficie del combustible y forma una placa protectora. Este tipo de protección no es adecuado para hidrocarburos clase 1 A o solventes polares líquidos (solubles en agua) porque destruyen la espuma. El productor puede descargar con una contrapresión tan alta como de un 25 % a 40 % de la presión de entrada de operación, generalmente se requiere al menos una presión de 7 kg/cm² (100 psi) en la entrada del generador para tener una operación satisfactoria. la contrapresión resulta de la combinación de las pérdidas por fricción en la tubería y la presión debida a la cabeza estática de el líquido en el tanque. Estan diseñados para generar espuma que se utilizará en un sistema de inyección subsuperficial para tanques de techo cónico sin ningún tipo de flotador. Por lo general el generador de alta contrapresión se localiza fuera de el área del dique de protección y la espuma se inyecta por una línea especial para el suministro o por la línea donde entra el producto al tanque (se puede usar con varios tipos de dosificadores, normalmente los inductores en línea se consideran inaceptables debido a las pérdidas que se producen en el dosificador por la alta contrapresión excepto

cuando la contrapresión en el generador es baja y se dispone de una presión relativamente alta para el agua en la línea del dosificador). Este generador consiste de un cuerpo preensamblado, una tubería de descarga, un medidor de orificio y una sección para crear turbulencia, existe comercialmente en varios tamaños para diferentes intervalos de flujo, los de instalación fija son de 378 a 2080 LPM (100 a 550 GPM) y si son portátiles de 378 a 1135 LPM (100 a 300 GPM). La entrada de aire tiene forma de corazón para impedir la entrada de cuerpos extraños y evitar daños accidentales al dispositivo, permite la distribución uniforme del aire en la corriente de solución para obtener la espuma expandida. En el cuerpo del generador está instalado un manómetro con un intervalo de presiones de 0 a 21 Kg/cm² (0 a 300 psi) para permitir el monitoreo de la presión de entrada del agua, es protegido por una envoltura que es parte integral del cuerpo del generador.

Fig. [11] Instalación fija de un formador de espuma de alta contrapresión.

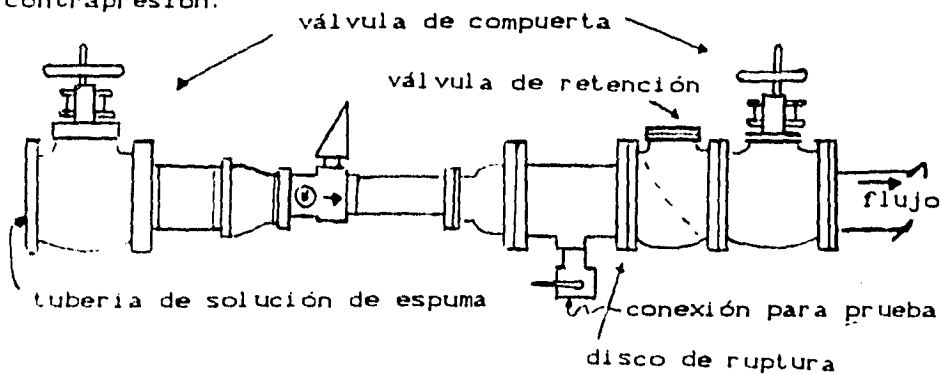
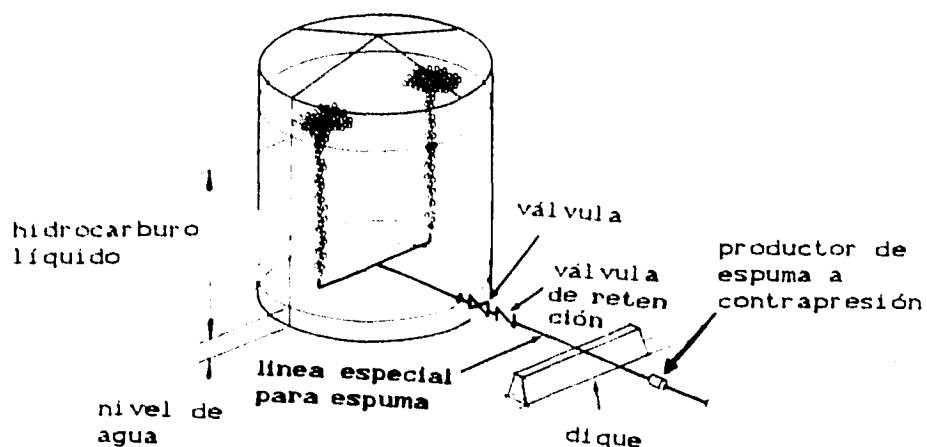


Fig. [12] Esquema típico de inyección subsuperficial de una línea especial para espuma



La bomba espumante consiste fundamentalmente de una bomba de desplazamiento positivo conectada a la corriente principal de solución con una parte de la entrada de la bomba abierto a la atmósfera y al operar a la velocidad apropiada el aire y la solución son íntimamente mezcladas para formar la espuma bajo presión.

Dispositivos de descarga

El último punto en el sistema, es la descarga de la espuma expandida, existen dos tipos de dispositivos de descarga, los que aspiran aire y los que no. En los dispositivos que aspiran aire la solución entra a un área de expansión-

donde se mezcla con aire y se descarga. En los dispositivos que no aspiran aire, la solución pasa a través de un deflector donde se forman gotas y al combinarse estas gotas con aire entre la descarga y la superficie del combustible se forma la espuma. Solo se utilizan para soluciones AFFF ya que requieren menor energía para su expansión en comparación con los otros tipos de espumógenos. Los dispositivos de descarga se clasifican por la forma en que depositan la espuma sobre la superficie del líquido en: salidas de descarga tipo I, tipo II e instalaciones portátiles. *Las salidas de descarga tipo I* conducen y depositan la espuma suavemente sobre la superficie del líquido evitando la sumergencia de la espuma y la agitación de la superficie del combustible; entre estos tipos de salidas se encuentran: el tubo de asbesto poroso, la depresión para espuma a lo largo de la pared interior del tanque y el canal para espuma.

El tubo de asbesto poroso está enrollado en la cámara de espuma, una de las terminales es afianzada a la línea de suministro de espuma; la terminal libre cierra la abertura de salida. Cuando la espuma es admitida en el tubo, el diafragma que cierra la entrada de la cámara se abre por la presión en contra del tubo desenrollándose, gotea dentro del tanque y la flotación de la espuma hace que el tubo suba hacia la superficie permitiendo que fluya la espuma a través de los intersticios de la textura directamente sobre la superficie del líquido.

La Depresión para espuma a lo largo de la pared interior del tanque consiste de secciones de lámina de acero que forman dentro del tanque un canal sujeto firmemente a la pared interior del tanque, formando una espiral descendiente desde arriba del tanque hacia el fondo a una profundidad de 1.2m.

El canal de espuma consiste de una cámara mezcladora de espuma externa al tanque y un canal o tubo proporcionador interno, está provisto de escalones en el conducto, la espuma se forma arriba en el canal y emerge por la primera abertura inmediatamente sobre la superficie del líquido. La descarga de espuma es por unas aberturas más grandes dirigida por baffles, la máxima distancia en que la espuma puede gotear dentro de la superficie del líquido esta regulada por el espacio de las salidas de inundación.

Las salidas de descarga tipo II no distribuyen la espuma suavemente pero su diseño es especial para evitar al máximo la sumergencia de la espuma y agitación de la superficie del combustible, estas salidas se usan en riesgos donde se involucra solventes polares; las salidas de descarga cuando se encuentran fijas al tanque y cuando se requieren mas de dos se encuentran espaciadas en distancias iguales en la parte superior del tanque, están construidas para distribuir la espuma a la misma velocidad, provistas con un sello que no permite la entrada de vapores hacia su interior o a las líneas de tubería, la cantidad de salidas necesaria esta en función del diámetro del tanque; entre este tipo de salidas-

se encuentran:

- 1.- Cámara espumante con salida tipo II.
- 2.- Instalación subsuperficial semifija.

Las cámaras espumantes son dispositivos con aspiración de aire, clasificados como descarga tipo I y descarga tipo II, son para la protección de tanques de almacenamiento, están construidas para generar y aplicar la espuma de manera que disminuya la sumergencia de la espuma y agitación de la superficie del combustible en el tanque, estos dispositivos se usan para la protección de tanques de techo cónico con o sin techo flotante interno y muchos otros tipos de tanques de almacenamiento

la instalación subsuperficial es la descarga de espuma dentro de un tanque de almacenamiento desde una salida en el fondo del tanque o abajo de la superficie del líquido este método se puede usar sobre hidrocarburos almacenados en tanques de techo cónico. El control de fuego por medio de inyección subsuperficial de agentes espumógenos en tanques comenzó en Inglaterra el cual surgió como un método más confiable que la aplicación en la parte superior que generalmente presentan problemas de interrupción, el diseño de un generador de espuma capaz de proporcionar una contrapresión significativa fue la clave de el sistema; de esta manera se controlaba y extinguía fuego en tanques conteniendo aceite combustible en diferentes condiciones, con 4.26 metros (14 pies) de diámetro y 7.3 metros (24 pies) de profundidad en un tiempo de cinco-

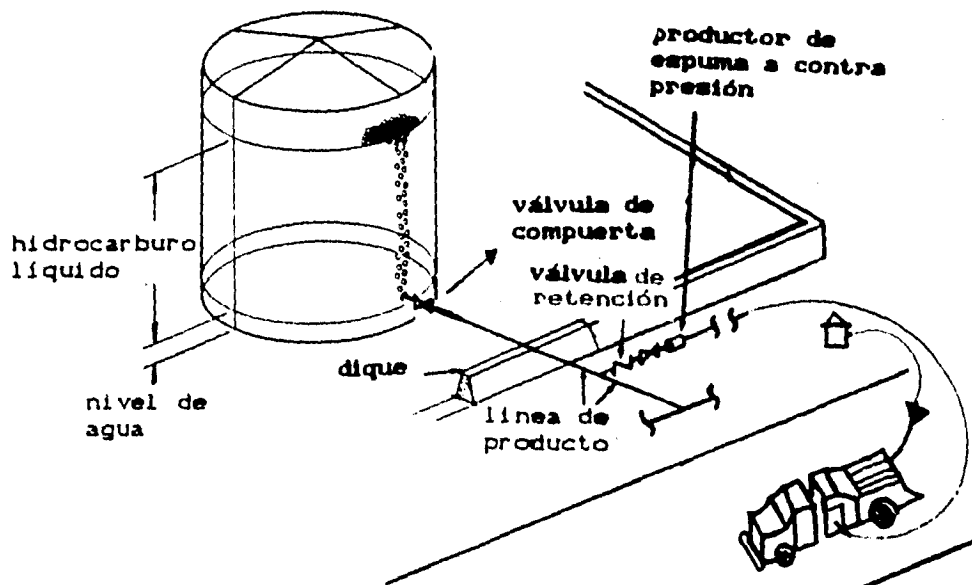
minutos; en 1945 Estados Unidos inició un programa para probar este nuevo método en un tanque de 28.34 metros (93 pies) de diámetro y 5.8 metros (19 pies) de profundidad conteniendo aceite combustible y fuego se controló en un tiempo de 3 a 8 minutos y en un intervalo de 8 a 14 minutos se logró extinguir, de manera que el método fue aceptado pero se llegó a la conclusión de que el agente espumógeno debería ser mejorado para proporcionar una expansión uniforme y distribución rápida; después de cinco años 1963-1967 la compañía Mobil Oil inició un programa para estudiar el método en tanques de 2.4 a 7.6 metros de diámetro y 1.8 a 7.6 metros de altura logrando magníficos resultados con los concentrados fluoroprotéicos, este éxito se le atribuyó a la habilidad de resistir la inducción del concentrado espumógeno en la corriente de agua por un venturi mientras viaja a través del hidrocarburo; la compañía 3M ha hecho pruebas para concentrados espumógenos AFFF y AFFF/ATC para inyección subsuperficial en tanques de 2 a 8 metros de diámetro y 2 a 8 metros de profundidad, los tanques de diámetros mayores a 23 metros fueron extinguidos con sistemas de aplicación para la parte superior del tanque. Los dispositivos de inyección subsuperficial se presentan en diferentes formas y se recomiendan para tanques grandes y combustibles muy viscosos, no son recomendados para la protección de sustancias tales como alcoholes, ésteres, aldehídos, anhídridos y para hidrocarburos líquidos que contienen estos productos destructivos de espumas porque re-

quieren velocidades de aplicación muy altas o un concentrado de formulación especial. la descarga de espuma dentro del tanque es una línea de distribución de espuma o la línea de producto, las salidas de descarga de espuma dentro del tanque se colocan alrededor de la orilla del tanque, pueden ser conexiones o alimentación por medio de tubería de múltiples salidas dentro del tanque desde una conexión única sujeta a la carcasa, la cantidad de salidas depende de el diámetro del tanque y tipo de líquido almacenado, la tubería hasta antes de el productor de espuma es de una longitud y medida apropiada para que la contrapresión esté dentro del rango de presiones adecuado; la velocidad de distribución de la espuma puede ser lenta o rápida; la presión de suministro de agua está determinada para cada instalación individual o grupo de tanques y depende de los requerimientos del generador de espuma, dispositivos de inyección o altura de tanques; cada línea distribuidora y líneas de producto si se usan para espuma son provistas con una válvula de retención, un sistema de inyección subsuperficial representado en la figura [13] consiste en un contenedor sumergido que contiene una manguera base de longitud igual a la longitud del contenedor, una manguera principal con longitud igual a la altura del tanque. El contenedor tiene un sello para evitar la entrada de aceite a la tubería de suministro de espuma y de la manguera contenedora. Existe una derivación entre la entrada y la parte de superior de la manguera contenedora; la manguera-

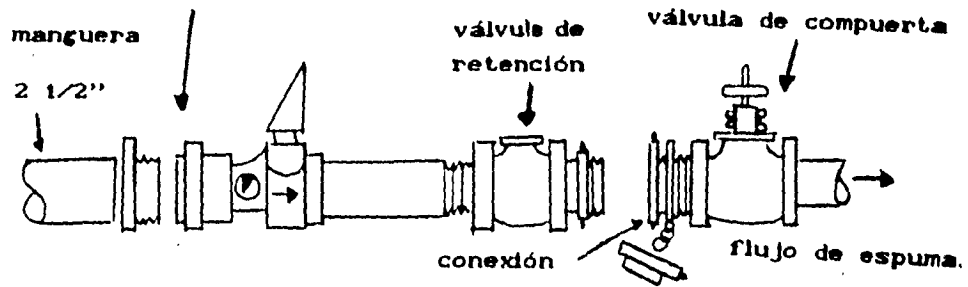
**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

de la espuma es no porosa fabricada de nylon de cubierta sintética, ligera, flexible y resistente al aceite, está empaquetada dentro de un contenedor de manera especial para facilitar la expulsión; el sistema funciona cuando la manguera es forzada a salir del contenedor por el aire comprimido en la parte de la tubería anterior al formador de espuma, pasa por fuera del contenedor a través de una derivación y antes de la tapa la cual es desprendida; así la espuma alcanza el contenedor y llena la manguera base y empuja la manguera principal, la presión ascendente hace elevarse la manguera y el flujo de espuma sale por la terminal abierta hacia la superficie de líquido la operación de bombeo de espuma y el abrir las válvulas de globo debe iniciarse simultáneamente, la presión de la solución se eleva y mantiene a la presión de diseño. Las características óptimas de la inyección subsuperficial de espuma en la línea de entrada de espuma a la base del tanque están entre un valor de expansión de 2 a 4, 25 % de agua drenada en 90 segundos hasta 75 % en diez minutos, las figuras siguientes muestran esquemas de sistemas de inyección subsuperficial fijos y semifijos.

Fig. (13) Esquema de inyección subsuperficial por una línea de producto.



adaptador de la entrada
de rosca 2 1/2"



conexión típica para formador de espuma a contra presión portátil

Fig. [14] Sistema semifijo de inyección subsuperficial a un tanque simple con un punto de aplicación.

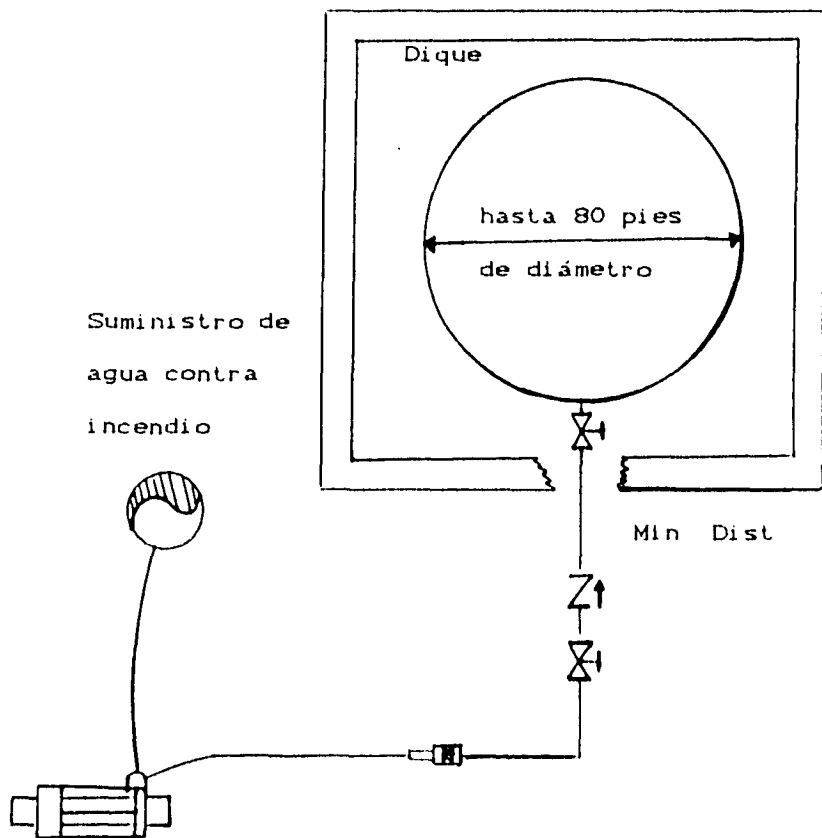


fig. (15) Sistema semifijo de inyección subsuperficial a un tanque simple con 2 puntos de aplicación.

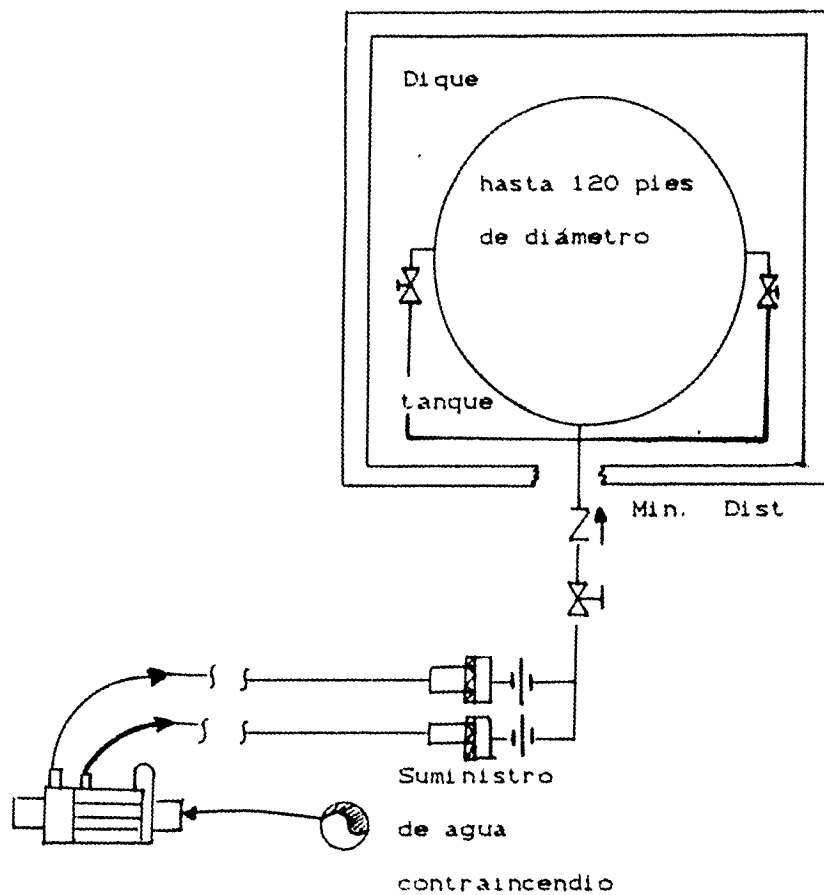


fig. (15) Sistema semifijo de inyección subsuperficial a un tanque simple con 2 puntos de aplicación.

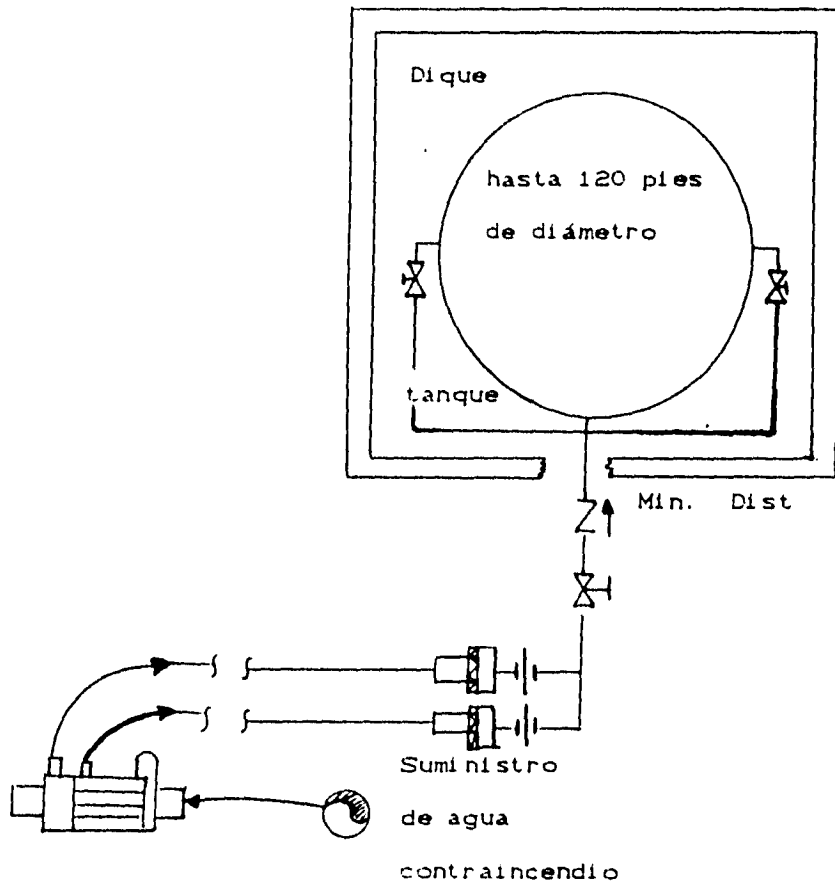


Fig.(16) Sistema de tubería típico para inyección subsuperficial (National foam).

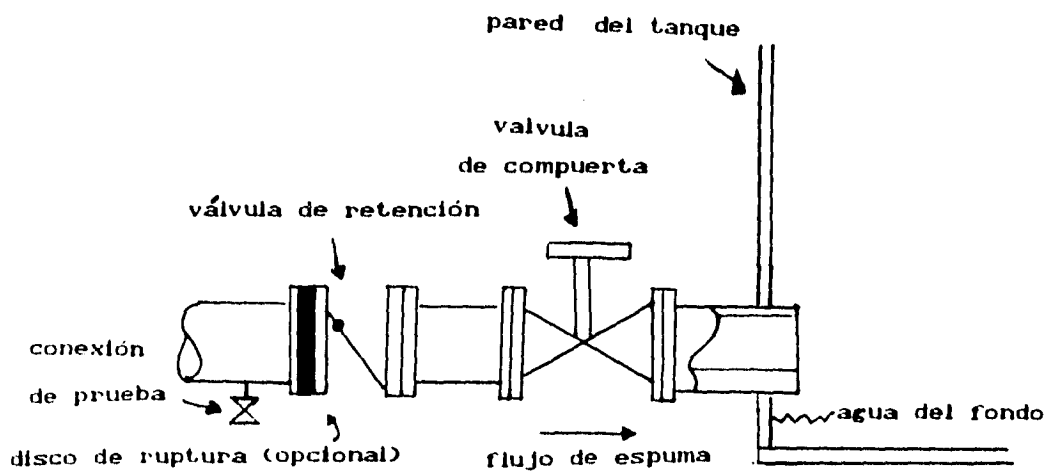
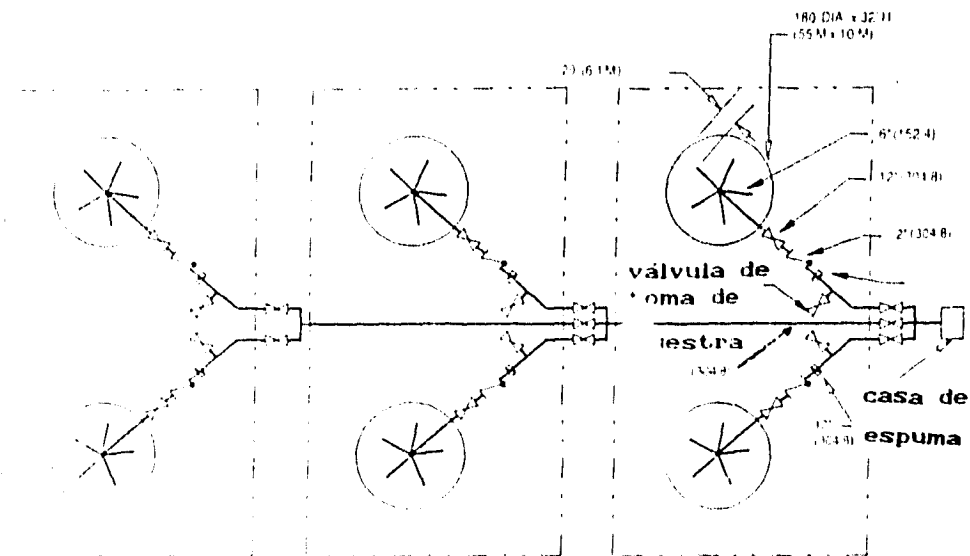
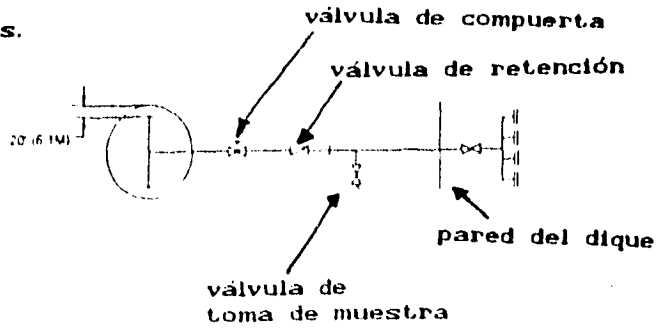


Fig.(17) Arreglo típico para varias salidas de espuma.

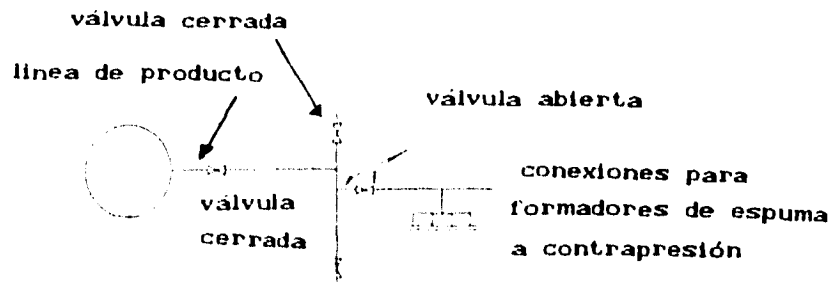
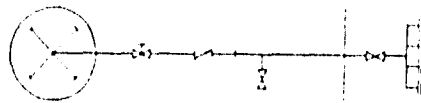
2 salidas.



3 salidas

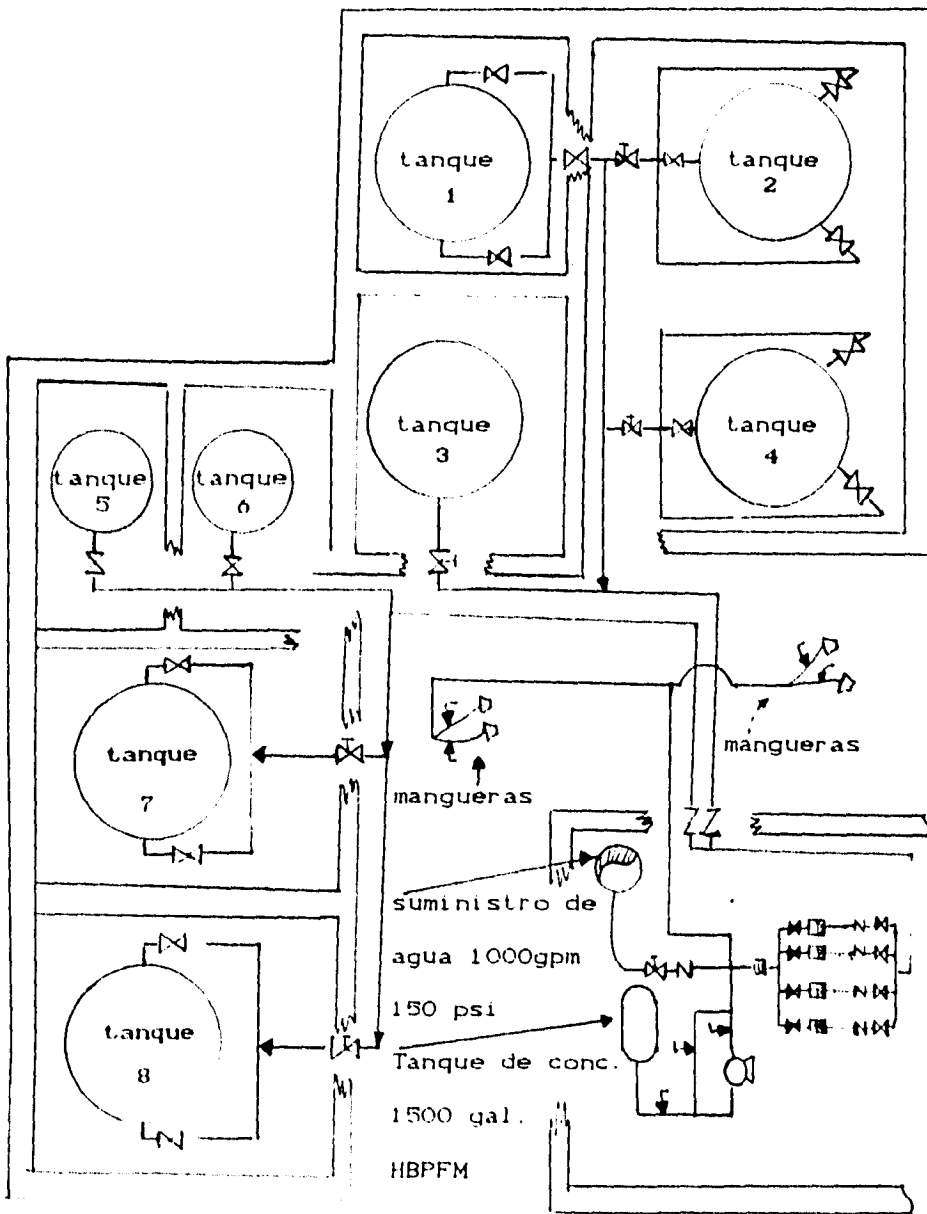


4 salidas



conexión en la línea de producto existente

fig. [18] Sistema de protección a tanques múltiples.



CAPITULO VI

DISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCION SUBSUPERFICIAL DE ESPUMA

1.- bases de diseño

Nombre de la planta: Cliente

Localización: Estado de México.

1) Generalidades

1.1 función de la planta: fabricación, importación y distribución de materias para la industria química.

1.2 tipo de proceso: Almacen de solventes.

2) Capacidad, rendimiento y flexibilidad.

2.1 Factor de servicio: 0.7

2.2 Capacidad y rendimiento

Diseño: 11 MPCSD

Normal: 7 MPCSD

Mínimo: 5 MPCSD

2.3 Flexibilidad

La planta deberá seguir operando bajo las siguientes condiciones anormales

a) falla de electricidad: no

b) falla de aire: no

2.4 ¿Se requiere preveer aumentos de capacidad en futuras ampliaciones? No lo permite el área del local.

3)Especificaciones de las alimentaciones de proceso.

Gasolina Nova

Apariencia: líquido rojo y libre de materia en suspensión

El 10 % destila a 70°C a 760 mmHg.

El 50 % destila a $77/121^{\circ}\text{C}$

El 90 % destila a 190°C

La temperatura final de ebullición es 225°C max.

Presión de vapor reid = $6.5/8.5 \text{ Lb/pulg}^2$

Azúfre= 0.15% máximo

Tetraetilo de plomo 0.2/0.3 ml/gal.

Número de octano (RON) 81 mín.

Aromáticos 30 % máximo

olefinas 15 % máximo.

benceno 2 % máximo.

oxígeno 2% máximo.

Aditivo detergente dispersante IMP-RP-QA-613 = 280 ppm .

Densidad a 25°C = 680 kg/m^3

4)Especificaciones de los productos:

solventes.

5)Alimentaciones a la planta

transporte terrestre

6)Condiciones de los productos en límites de batería

líquidos.

7)Instalaciones requeridas de almacenamiento

Alimentaciones: Tanque de almacenamiento a presión

atmosférica.

productos: cuarto de almacen.

0)Servicios auxiliares

8.1 Agua para servicios y usos sanitarios

fuelle de suministro: estanque

presión en L.B: de 35kPa a 689kPa

Temperatura en L.B: ambiente

disponibilidad: 25m³

8.2 Agua potable

Presión en L.B: de 35Kpa a 689 Kpa

Temperatura en L.B: ambiente

Disponibilidad: 1,600 l.

8.3 Agua contra incendio

Presión en L.B: 150 psi

Disponibilidad: 4000m³

2- Descripción del proceso.

Se trata de una instalación nueva, compuesta por un tanque de almacenamiento atmosférico del tipo techo cónico, de 30m de diámetro con una capacidad de 8,913,000 L de gasolina líquido inflamable clase IB. La inyección de el concentrado se efectuará por medio de 2 productores de espuma a contrapresión, 2 puntos de aplicación equidistantes. El concentrado espumógeno es del tipo AFFF al 3 % y se encuentra contenido en un tanque diafragma donde es forzado a salir mediante agua a presión, la línea de concentrado más adelante se divide en dos, una unida a los formadores de espuma a contrapresión y la otra es para el suministro de espuma por medio de mangueras. La espuma es descargada dentro del tanque de almacenamiento de gasolina a una distancia de 6 m de la periferia del tanque y por encima de el agua del fondo de este. La entrada de agua hacia el tanque diafragma proviene de la reserva de agua contra incendio.

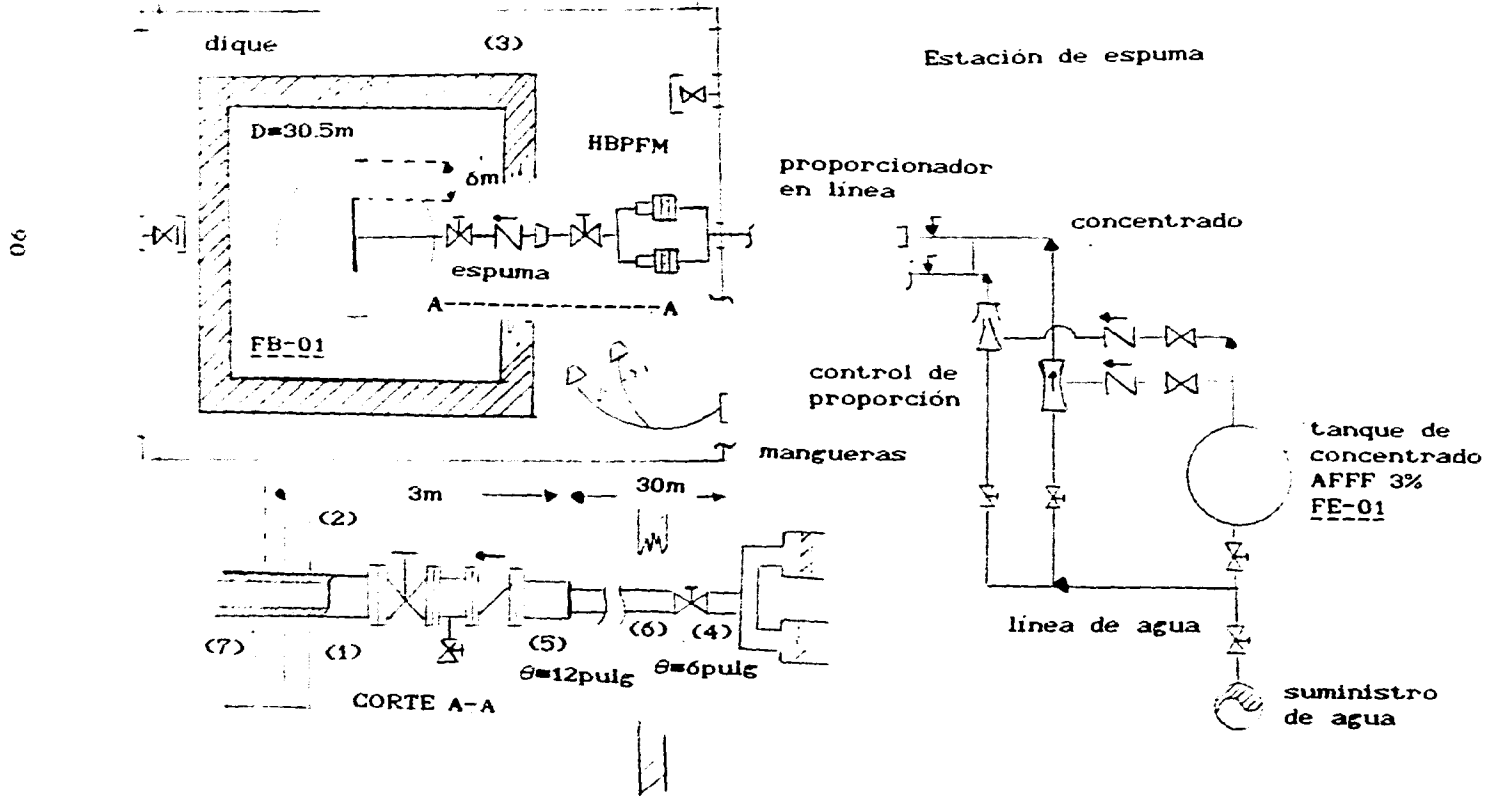
3- Diagrama de flujo del proceso.

Notas:

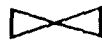




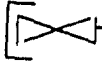
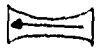



- (1) Agua del fondo (5) Diámetro de la tubería.
- (2) Pared del tanque (6) Diámetro de la tubería
- (3) Pared del dique (7) Nivel de agua mínimo.
- (4) Salida de la solución de espuma

lista de equipo.

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS
FE-01	TANQUE DIAFRAGMA CON CONCENTRADO ESPUMOGENO AL 3%	1500 Gal.
FB-01	TANQUE DE ALMACENA- MIENTO A PRESION ATMOSFERICA.	8,913,000L



c) Simbología.

	válvula de compuerta.
	válvula check (válvula de retención).
	válvula automática
	válvula de balance
	válvula shut-off
	conexión a manguera
	suministro de agua contraincendio.
	proporcionador HBPFM
	proporcionador en línea
	HBPFM (proporcionador de espuma de alta contrapresión)
	bomba

d) Memoria de cálculo

Especificaciones de riesgo.

Tipo de tanque: tanque atmosférico al aire libre de techo cónico.

Altura: 12.2 m (40 pies)

Diámetro: 30.5 m (100pies)

Contenido: gasolina (76^oAPI)

Capacidad: 8,913,000 L

El sistema se determina como sigue.

I Clasificación del combustible.

Combustible: Gasolina nova, sin el compuesto oxigenado MTBE (Metil Terbutil-Eter)

Clase I B

Punto de inflamación: -38° C (-36°F)

Punto de ebullición: 70^oC a 225^oC

Solubilidad: insoluble en agua.

Densidad 0.68g/ml

II Agente espumógeno elegido.

Concentrado espumógeno del tipo AFFF al 3%, de expansión 4:1

Cálculo del área superficial.

Cuando se protege un solo tanque, el área superficial se calcula usando la fórmula siguiente:

$$\text{Area} = \pi r^2$$

$$\text{Area superficial} = 3.1416 \cdot [(30.5 \text{ m})/2]^2 = 730.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Area superficial} = 3.1416 \cdot [(100 \text{ pies})/2]^2 = (7\ 853 \text{ pies}^2)$$

III Determinación del tiempo de descarga y velocidad de aplicación.

El tiempo y la velocidad de aplicación se determinan de acuerdo al tipo de combustible contenido como se especifica en NFPA-311. Velocidad de aplicación para AFFF = 4.1 lpm/m^2 (de tabla 7) $(0.1 \text{ GPM}/\text{ft}^2)$.

Para una salida de descarga tipo II el tiempo de descarga es de 55 min (tabla 8)

IV Cálculo primario de la cantidad de concentrado espumógeno.

La velocidad de descarga de la solución permite conocer el tamaño del equipo proporcionador.

Velocidad de descarga de la solución de espuma = área superficial * velocidad de aplicación.

Velocidad de descarga de la solución de espuma = $(730.6 \text{ m}^2) * (4.1 \text{ lpm})/\text{m}^2 = 2999.5 \text{ lpm}$ (785.39 GPM)

Cálculo de la cantidad de concentrado espumógeno.

Cantidad = Velocidad de descarga de la solución de espuma * tiempo de descarga * % de concentración.

Cantidad = $(2999.5 \text{ lpm}) * (55 \text{ min}) * (0.03)$

Cantidad = 4942.6215 L (1295.9 GAL).

V Determinación de líneas de manguera auxiliar y tiempos de descarga.

Además del sistema de protección primaria se requiere un número mínimo de líneas de manguera como protección de pequeños fuegos ocasionados por derrame, estas líneas de protección suplementaria pueden ser fijas o portátiles con un flujo mínimo de 189 lpm (50 GPM) por boquilla [NFPA-324]. El número mínimo de mangueras y su tiempo de descarga en relación al tamaño del tanque se encuentra en la [tabla 10], así para un tanque de diámetro entre 28.95 - 36.57 m (95 a 120 pies) el número mínimo de mangueras recomendado es 2.

El tiempo mínimo de operación es 30 min.

El flujo mínimo es de 189 lpm (50 GPM) por boquilla.

Los hidrantes son dispositivos propios de una red contra incendio los cuales se diseñan para proteger con agua a equipo, estructuras y pasillos. Estos dispositivos se operan con personal especializado con el auxilio de mangueras.

El número mínimo de hidrantes requeridos es de 2 (tabla 6) para el sistema de suministro de espuma por medio de mangueras portátiles. El diámetro de la tubería que forma el anillo que contiene los dos hidrantes es de ocho pulgadas; las válvulas de los hidrantes podrán llevar adaptadores a rosca NSHT de una pulgada y media de diámetro.

VI Cálculo de la cantidad suplementaria de concentrado

Los tiempos mínimos de descarga se basan en la operación simultánea del mínimo número de mangueras requeridas. Las corrientes de espuma por manguera pueden estar incorporadas al sistema primario o pueden estar en un sistema separado. Para calcular la cantidad de concentrado requerido para la protección suplementaria se usa la fórmula siguiente.

Cantidad = número de mangueras * 189 lpm * tiempo de descarga * % de concentración.

Cantidad = 2 * 189 lpm * 30 min * 0.03 AFFF = 340.2 L (90 gal)

VII Cálculo de la cantidad total de concentrado espumógeno

Cantidad primaria	4 942.6 L	1 295.9 GAL
Cantidad suplementaria	340.2 L	90 GAL
Cantidad total	5 282.8 L	1 385 GAL

VIII Determinación del número de salidas de descarga.

El número de salidas de descarga se basa en el diámetro del tanque, tipo de líquido y punto de inflamación; para un diámetro comprendido entre (24.3 - 36.5 m) se necesitan 2 salidas de descarga tipo II (tabla 5 y 8).

IX Determinación del diámetro de la tubería de entrada.

(salidas de descarga de espuma).

El tamaño de la tubería debe ser el adecuado para que el flujo de espuma no exceda la velocidad recomendada; la

velocidad de la espuma en el punto de descarga al interior del tanque no debe ser mayor de 3.1 m/s (10 pies/seg) para líquidos I B INFPA-3551.

Cálculo de la velocidad del concentrado expandido (espuma)

Para obtener el tamaño de la tubería de entrada multiplicamos la velocidad de descarga de la solución al tanque por 4 (4 es la expansión máxima esperada).

Velocidad de la espuma = Velocidad de descarga de la solución
• expansión máxima.

Velocidad de la espuma = 2995.5 lpm • 4 = 11,982Lpm
(3,141.5.GPM).

X Determinación del diámetro mínimo de la tubería de entrada.

Usando la gráfica [3] con el dato de velocidad de la espuma (lado izquierdo) intersectamos con la curva de espuma y la medida mínima de la tubería es la línea inferior mas cercana. En nuestro caso la medida mínima de la tubería es de 12".

XI Elección del productor de espuma a elevada contrapresión.

Si el flujo volumétrico de descarga de la solución es 785.39 GPM, para obtener ese gasto son necesarios dos productores de espuma a contrapresión así cada uno deberá manejar 1/2 de ese gasto; por lo tanto, usando la tabla [15] encontramos para aplicación fija, c/u maneja 400 GPM (1 514 lpm).

velocidad de la espuma en el punto de descarga al interior del tanque no debe ser mayor de 3.1 m/s (10 pies/seg) para líquidos I B [NFPA-355].

Cálculo de la velocidad del concentrado expandido (espuma)

Para obtener el tamaño de la tubería de entrada multiplicamos la velocidad de descarga de la solución al tanque por 4 (4 es la expansión máxima esperada).

Velocidad de la espuma = Velocidad de descarga de la solución * expansión máxima.

Velocidad de la espuma = 2995.5 lpm * 4 = 11,982Lpm
(3,141.5.GPM).

X Determinación del diámetro mínimo de la tubería de entrada.

Usando la gráfica [3] con el dato de velocidad de la espuma (lado izquierdo) intersectamos con la curva de espuma y la medida mínima de la tubería es la línea inferior mas cercana. En nuestro caso la medida mínima de la tubería es de 12".

XI Elección del productor de espuma a elevada contrapresión.

Si el flujo volumétrico de descarga de la solución es 785.39 GPM, para obtener ese gasto son necesarios dos productores de espuma a contrapresión así cada uno deberá manejar 1/2 de ese gasto; por lo tanto, usando la tabla [15] encontramos para aplicación fija, c/u maneja 400 GPM (1 514 lpm).

1.- Para determinar la presión mínima de entrada para el HBPFM-400 nos referimos a la gráfica (4) de flujo volumétrico contra presión de entrada por lo tanto a un flujo de 390 y un HBPFM-400 la presión mínima de entrada correspondiente es de 120 pst (esta es la presión disponible requerida por la solución hasta antes de pasar por el HBPFM)

2.- Para determinar la máxima contrapresión permisible del HBPFM-400 se toma en cuenta que los productores de espuma de alta contrapresión tienen una contrapresión permisible del 40 % de la presión de operación de entrada, así:

$$\text{Máxima contrapresión} = \text{Presión mínima de entrada} * 0.4$$

$$\text{Máxima contrapresión permisible} = 120 * 0.4 = 48 \text{ psi.}$$

3.- Determinación de la presión de la cabeza estática del producto del tanque.

Con la gráfica (1).

línea D = gasolina y 12 m de altura.

$$\text{Presión de la cabeza estática} = 16 \text{ psi.}$$

4.- Determinación de las máximas pérdidas por fricción permisibles en la tubería entre el productor de espuma y el tanque de almacenamiento.

$$\text{Máximas pérdidas por fricción permisibles} = (\text{máxima contrapresión permisible}) - (\text{presión de la cabeza estática}).$$

$$\text{Máximas pérdidas por fricción permisibles} = 48 - 16 = 32 \text{ psi}$$

5.-Determinación del diámetro mínimo de la tubería.

Considerando 30 m (100pies) de tubería entre el HBPFM-400 y la entrada del tanque de almacenamiento que calculamos es de 12 " nos referimos a la gráfica (2), así : 32 psi contra 3,141.56 GPM le corresponde un diámetro mínimo de tubería de 6".

XII Para 1385 gal se necesita 1 tanque (referirse a la tabla (11)) este puede ser un tanque diafragma de 1500 gal de capacidad, que opera satisfactoriamente con una presión de suministro de agua de 150 psi.

Para la cantidad suplementaria de espuma 340 L (135 gal) se necesita un proporcionador de espuma en línea modelo LP-9A el cual opera satisfactoriamente con presión de entrada de agua entre 90 a 200 psi tabla (13) y (14); y para asegurar un proporcionamiento correcto debe corresponder en capacidad a las 2 boquillas JS-10 la cual puede alcanzar un gasto de 200-400 LPM (60-125 GPM) la presión de operación es de 75- a 150 psi y no deberá ser operada a presiones menores de 50 psi. Datos de la medida de la manguera: sera de 1 1/2 pulg. La máxima longitud entre el proporcionador y la boquilla es de 30 m (100 pies)

5- Criterios de diseño.

a) Criterios básicos del proceso.

Materiales y equipo productores de espuma.

1.- Los concentrados fluoroproteicos proporcionan una operación satisfactoria de inyección subsuperficial, aunque los concentrados AFFF también son adecuados.

Velocidad.

La velocidad mínima de reparto es de 4.1 LPM/m² (0.1 GPM/pie²) de área superficial de líquido. Así, para tanques de techo cónico, la velocidad de aplicación recomendada para espuma AFFF es de 4.1 LPM (NFPA-310)

Suministro de los materiales productores de espuma.

El material total mínimo suministrado se obtiene multiplicando el flujo total en LPM (gpm) para cada tanque por el tiempo de la tabla(B); las espumas resistentes al alcohol requieren aplicación suave por dispositivos de descarga tipo I o tipo II si esta especificado que es adecuado; el tiempo de aplicación será de 30 min a la velocidad de aplicación especificada, aunque puede ser menor si el fabricante del concentrado lo indica, por ejemplo el tiempo de distribución de espuma AFFF marca 3M es de 55 min. para hidrocarburos volátiles contenidos en tanques de techo cónico aunque se pueden usar tiempos de aplicación menores. Se requiere protección suplementaria de espuma por líneas fijas o portátiles, cada línea de espuma tiene un flujo de solución mínimo de 190 LPM --

(50gpm), la tabla (10) proporciona el número requerido

Para llenar las líneas de alimentación instaladas entre la fuente de suministro y el tanque más lejano, se necesitará una cantidad suficiente de material productor de espuma.

Es necesario como sistema de respaldo contar con una cantidad de material productor de espuma suficiente disponible en latas, tanque o desde una fuente exterior para un período de 24 horas de servicio

El suministro de agua para el sistema de espuma fijo es por medio de hidrantes, debe haber una salida a una distancia de la carcasa del tanque de 15 a 76 m (50 a 250 pies).

Salidas de descarga de espuma.

1.- las salidas de descarga dentro del tanque pueden ser la terminal abierta de una línea de reparto o línea de producto cuidando de no exceder la presión de descarga del generador y las limitaciones de velocidad de la espuma.

2.- La velocidad de la espuma en el punto de descarga dentro del contenido del tanque no debe exceder los 3.1 m/s (10 pies/seg) para líquidos clase IB y para otro tipo de líquidos 6m/seg (20 pie/seg) a menos que se pruebe como satisfactoria una velocidad mayor.

3.- Si se requieren dos o mas salidas estarán espaciadas alrededor de la periferia del tanque y cada una de ellas-- podrá repartir la espuma a la misma velocidad aproximadamente.

4.- Para una distribución uniforme de espuma las salidas pueden ser conexiones o pueden ser alimentaciones a través de tubería múltiple dentro del tanque desde una conexión única a la carcasa.

5.- Los tanques deberán estar provistos con descargas de espuma como se sugiere en la tabla (8), los líquidos I A requieren consideración especial.

6.- Las salidas de descarga de espuma deberán localizarse arriba de el máximo fondo de agua esperado para el tanque para así proteger la espuma de una disolución, el agua que rebasa las salidas de descarga deberá drenarse antes de el punto de inyección de espuma.

Sistema de tubería de espuma.

1.- Las líneas de tubería que transportan la espuma, medidas y longitudes de tubería de descarga o líneas usadas antes del productor de espuma serán de forma que la contrapresión esté dentro del rango de presiones bajo el cual el dispositivo ha sido probado.

2.- La tubería dentro del área de riesgo debe ser de acero, adecuado para la presión involucrada pero no de calidad inferior a los estándares.

Válvulas en los sistemas.

- 1.- Todas las válvulas excepto las de toma de agua contra incendio serán de vástago saliente.
- 2.- Las válvulas de control para desviar la espuma o solución a un tanque determinado pueden estar en la central de espuma o en la línea de alimentación principal.
- 3.- Las válvulas de control estarán fuera del dique a una distancia de la carcasa del tanque no menor de 15 m (50 pies) si el diámetro es de 15 m y no menor de un diámetro si es de 15m (50 pies) de diámetro o mayor.
- 4.- Cada línea repartidora de espuma debe estar provista con una válvula de bloqueo y una válvula de retención (check) por ser una parte integral del productor o generador de espuma a contrapresión.
- 5.- Donde existan dos o más proporcionadores de espuma instalados en descarga paralela dentro de alguna salida principal, las válvulas deben dosificar entre la salida de cada dispositivo y la principal: la línea de agua para cada proporcionador de espuma debe estar separada de la válvula.
- 6.- Cuando una línea de producto se use para la espuma, el arreglo con válvulas será para asegurar sólo la entrada al tanque protegido.

b) Criterios del diseño de equipo.

Un productor de espuma a contrapresión recibe la solución de AFFF a aproximadamente 10 kg/cm^2 (120 psi), esta presión

permitirá una contrapresión de 2.6 kg/cm^2 (40 psi), la presión de entrada es tan baja como de 3.3 kg/cm^2 (50 psig), los productores de espuma a contrapresión producen una espuma de 2.2 a 3.5 de expansión; el productor aspira aire del lugar y descarga la espuma expandida (4:1); estos dispositivos existen en varios modelos y medidas, la contrapresión de algún sistema se calcula adicionando la cabeza estática máxima a las pérdidas por fricción en la tubería.

El tipo de entrada para inyección subsuperficial más común es la orientada a la derecha en tanques de techo cónico, en caso de inyección en el centro del tanque, la tubería deberá estar soportada cada 10 pies y deberá terminarse a 5 diámetros de tubería de la línea central del tanque; y es necesario mantener la velocidad de entrada de espuma a una velocidad menor de 3 m/seg (10 pies/seg) para hidrocarburos clase I y para hidrocarburos clase II menor de 6 m/seg (20 pies/seg). El punto de aplicación está especificado por el diámetro del tanque tabla (17).

6.- Lista de equipo.

1) Tipo específico de equipo.

Tanque de techo cónico con 2 puntos de aplicación,
instalación nueva.

2) Tamaño y/o capacidad.

Diámetro = 30.5m (100 pies)

Altura = 12.2m (40 pies)

Profundidad máxima = 11.27m (37 pies)

Area del tanque = 730.6 m^2 (7,853 pies²)

Capacidad = 8,913,000 L

3) Número de equipos iguales.

1 (uno)

4) Condiciones de operación y diseño.

Número de puntos de aplicación = 2

Velocidad de aplicación de espuma expansión 4:1 = 11,982 LPM
(3,141 GPM).

Velocidad de aplicación de la solución = 4.1 LPM/m^2 (0.1
GPM/pie²).

Velocidad de descarga de la solución = 2995.5 LPM (785 GPM)

Tamaño mínimo de las entradas = para una velocidad máxima de
3.1 m/seg (10 pies/seg) será de 12 pulg.

1) Tipo específico de equipo.

productor de espuma a contrapresión con un flujo volumétrico
de 1,514 LPM (400 GPM)

2) Tamaño y/o capacidad.

capacidad nominal 400 GPM (1514 Lpm)

3) Número de equipos iguales.

2 (dos).

4) Condiciones de operación y diseño

presión de 120 psi.

Suministro de concentrado necesario = 4942.62L (1295.9 Gal) al
3% en 55 min.

1) Tipo específico de equipo.

Boquilla de tipo JS-10

2) Tamaño y/o capacidad

Hasta 200-473LPM (60-125GPM).

3) Número de equipos iguales

2 (dos)

4) Condiciones de operación y diseño

presión de entrada = 75-125psi

longitud de la manguera = 30m (100pies)

medida de la manguera 1 1/2 pulg.

1) Tipo específico de equipo.

proporcionador en línea tipo LP-9A

2) Tamaño y/o capacidad.

Capacidad 246-341 LPM (65.1-92.7)

3) Número de equipos iguales

1(uno)

presión de operación 90-200 psi

Suministro de conc. al 3% en 30 min = 340.2 L.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

En la naturaleza los compuestos más estables generalmente son óxidos y los líquidos combustibles al arder se oxidan, las técnicas para combatir un incendio consisten básicamente en separar el combustible del oxígeno del aire.

Al acercar un cerillo a un recipiente con gasolina, el líquido prende inmediatamente; al hacer lo mismo con aceite la combustión no es espontánea, pero al calentarlo, el aceite arde más fácilmente, esa es la diferencia entre un líquido inflamable y un líquido combustible.

¿Porque no se usa agua en tanques de almacenamiento?

En la combustión de sólidos el agua impide el contacto entre combustible y oxígeno pero los hidrocarburos líquidos son menos densos que el agua y al usarla se dirige al fondo del recipiente; por esa razón se utiliza espuma.

Cuando el fuego se presenta en derrames no se debe usar agua porque lo único que se consigue es extender la superficie incendiada.

Los líquidos tienen como propiedad característica su tensión superficial, que es una medida de la resistencia a aumentar la superficie del líquido, por eso las gotas tienden a ser esféricas. Para poder hacer una espuma estable es necesario añadir un tensoactivo que permita extender la superficie del agua como son los concentrados espumógenos

La espuma drena agua que se deposita en el fondo del tanque, si el incendio no se controla, aumenta la temperatura y puede hervir el agua, la formación del vapor produciría el derrame del líquido contenido.

CAPITULO 8

BIBLIOGRAFIA

1) National fire protection association. NATIONAL FIRE CODES

11^a Ed. USA.

No. 11, 1975

Standar for foam extinguishing systems

No 11A, 1970

Standar for High expansion ratios from 100:1 to 1000:1

No 11B, 1974

Standar for syntetic foam and combined agent systems

2) Crane. FLOW OF FLUIDS TROUGH VALVES, FITTINGS, AND PIPE.

Edición 31a. U.S.A.

3) Wormal D.V.S., ANSUL FOAM SYSTEMS DESIGN AND APPLICATIONS.

WI, MARINETTE. 1991.

4) GUIDE FOR INSPECTION OF REFINERY EQUIPMENT "ATMOSFERIC AND

LOW-PRESURE STORAGE TANKS 3a Ed. Washington. A.P.I.1972

5)GUIDE FOR FIGHTING FIRES IN AND AROUND PETROLEUM STORAGE TANKS. 2a Ed. Washington A.P.I.1980.

6)kern Q.Donald. PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. 21a Ed, Cia Editorial Continental, 1989. 980pag.

7)Smith J.M. INGENIERIA DE LA CINETICA QUIMICA 3a Ed. Cia. Editorial Continental,1990

8)PROTECCION CONTRA INCENDIO EN LAS INSTALACIONES DE PROCESO. (México), 1956. Norma PEMEX AI-I

9)LIGHT WATER AFFF PRODUCTS AND SYSTEMS FIRE PROTECTION SYSTEMS. Manual. 3M. Minnesota.

10)NATIONAL FOAM. Manual. Chubb National Foam, 1993 .Lionville U.S.A.

11)CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES EN MEXICO. Seminario. Instituto Mexicano del Petroléo. México. 1994.

12)STANDAR FOR FOAM EQUIPMENT AND LIQUID CONCENTRATES. 6^a Ed. Underwriters Laboratories Inc. U.S.A. 1989. 26pp.

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

Tabla. [4] PROPIEDADES DE ALGUNOS CONCENTRADOS ESPUMOGENOS

CONCENTRADO ESPUMOGENO PROTEICO (a 20°C)

tipo	3%	6%	3%(baja temp.)	6%(baja temp.)
ρ g/ml	1.14-0.01	1.15-0.01	1.12-0.01	1.12-0.01
pH	7.0-0.5	7.0-0.5	7.0-0.5	7.0-0.5
μ	33-3cs**	19-2cs	35-3cs	21-2cs
PC	-11°C	-19°C	-34°C	-34°C

CONCENTRADO ESPUMOGENO FLUOROPROTEICO (a 200C)

tipo	3%	6%	3%(baja temp.)	6%(baja temp.)
ρ	1.13-0.01	1.12-0.01	1.11-0.01	1.13-0.01
pH	7.0-0.5	7.0-0.5	7.0-0.5	7.0-0.5
μ	3cs	9.0-1cs	35-3cs	21-2cs
PC	-11°C	-12°C	-34°C	-34°C

CONCENTRADO ESPUMOGENO RESISTENTE AL ALCOHOL (a 25°C)

tipo	3 X 3	3 X 6
apariciencia	gel blanco	gel blanco
ρ	1.0-0.025	1.0-0.025
pH	7.0-8.5	7.0-8.5
I. R	1.3595-0.018	1.3604-0.0018
cantidad de cloro	menos de 300ppm	menos de 300ppm
μ	3300-200cps***	2100-400cps

CONCENTRADO ESPUMOGENO DE EXPANSION MULTIPLE (a 20°C)

ρ (g/ml)	1.01-0.01
pH	7.5
μ	16-2cs
PC	-1°C

CONCENTRADO ESPUMOGENO FORMADOR DE PELICULA ACUOSA (AFFE) (a 25°C)

tipo	1%	3%	3%(premium)
Apariencia		<i>liquido amarillo claro</i>	
ρ g/ml	1.052-0.003	1.024-0.003	1.017-0.005
pH	7.3-0.2	8.0-0.2	7.6-0.2
I. R	1.369-0.0025	1.3610-0.0025	1.375-0.0025
μ	14.1-0.3cs	3.0-0.3cs	4.3-0.3cs
γ	7 dinas/cm	16.7-0.7	16.5-0.8
contenido de cloro	menos de 75 ppm	menos de 75 ppm	menos de 40ppm

**CONCENTRADO ESPUMOGENO FORMADOR DE PELICULA ACUOSA PROTEGIDO
CON ANTICONGELANTE (AFFE) (a 25°C)**

tipo	3%	6%	6%(premium)
apariciencia	<i>liquido amari llo palido</i>		<i>liquido incoloro</i>
ρ g/ml	1.067-0.25	1.018-0.002	1.012-0.005
pH	7.80-0.2	8.1-0.2	7.8-0.2
I.R	1.377-0.0025	1.359-0.0003	1.358-0.00025
μ	7.0-8cs	2.35-0.02cs	2.3-0.3cs
γ	18.5-0.8dinas/cm	0.71	16.5-0.8
contenido de cloro.	menos de 70ppm	menos de 50ppm	menos de 40ppm

ABREVIATURAS

P.C= punto de congelación

cs= centistoke [viscosidad cinemática=viscosidad absoluta/]

ρ = densidad relativa=densidad de la sustancia/densidad de la
sustancia de referencia

μ = viscosidad absoluta [poise g/cm.seg.]

γ = tensión superficial

Tabla [5]. Diámetro del tanque.
Tomado de NFPA 355-1.

Diámetro mayor de---hasta		salidas de descarga mínimas	
m, (pies)	m, (pies)	Clase I B	I C, II, III
24.38(80)		1	1
24.38(80)	36.57(120)	2	1
36.57(120)	42.67(140)	3	2
42.67(140)	54.86	4	2
54.86	60.96	5	2
60.96 hasta adicionar una salida adicional por cada para líquidos clase IB		464.5 m ² (5000pies ²)	696.7m ² (7500pies ²)

Tabla [6] Diámetro del tanque
Tomado de NFPA 344.

Diámetro	No. de hidrantes requerido
mayor de 19.8m(65pies)	1
19.8(65pies)y mayor	2

Tabla [7] Velocidades de aplicación mínimas
Tomado de NFPA 311-1

Tipo de líquido	Velocidad de la solución.
alcohol metílico y etílico	4.1LPM/m ² (0.1gpm/pie ²)
acrilonitrilo	4.1
acetato de etilo	4.1
metil-etil-cetona	4.1
acetona	6.1LPM/m ² (0.15gpm/pie ²)
alcohol butílico	6.1
eter isopropílico	6.1

Tabla [8] Para tanques que contienen hidrocarburos líquidos
Tomado de NFPA 322

Hidrocarburo	Salida de descarga de espuma	
	tipo I	tipo II
Aceites lubricantes; residuos viscosos secos de más de 50 seg. Saybolt-fural a 50°C (122°F); aceites combustibles secos etc. con punto de inflamación cercano a 93.3°C (200°F)	15 min	25 min.
Keroseno; aceites para hornos, diesel combustible etc. con punto de inflamación desde 37.7°C hasta 93.3°C (100° a 200°F).	20 min	30 min.
Gasolina, nafta, benzol y líquidos similares con punto de inflamación menor de 37.7°C (100°F).	30 min	55 min.
Crudo.	30 min	55 min.

Tabla [9] Diámetro del tanque o área equivalente.
Tomado de NFPA. 331.

Diámetro mayor a m, (pies)...hasta m(pies)	No. de salidas de descarga
24.38(80)	1
24.38(80) 36.57(120)	2
36.57(120) 42.67(140)	3
42.67(140) 48.76(160)	4
48.76(160) 54.86(180)	5
54.86(180) 60.96(200)	6

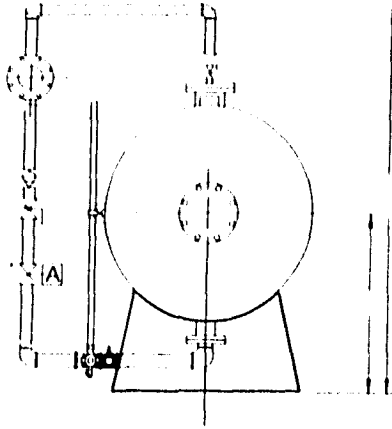
Tabla [10] Diámetro del tanque más grande.
Tomado de NFPA 324.

Diámetro mayor, hasta m(pies)	No. min. de mangueras necesarias	Tiempo min. de operación.
10.6(35)	1	10
10.6(35), 19.8(65)	1	20
19.8(65), 28.95(95)	2	20
28.95(95), 36.57(120)	2	30
mayor de 36.57(120)	3	30

Tabla [11] tabla de información de tanques vejiga. (diseñados para una presión de trabajo de 175 psi) con control de proporciónamiento. Tomado de National Foam.

Capacidad
litros

- 189(50)
- 379(100)
- 568(150)
- 757(200)
- 1136(300)
- 1514(400)
- 1893(500)
- 2271(600)
- 2650(700)
- 3028(800)
- 3407(900)
- 3785(1000)
- 4164(1100)
- 4542(1200)
- 4920(1300)
- 5300(1400)
- 5678(1500)
- 6057(1600)
- 6813(1800)
- 7571(2000)
- 8328(2200)
- 9085(2400)
- 9842(2600)
- 10599(2800)
- 11355(3000)
- 12112(3200)



Control de proporciónamiento

Modelo	Flujo conc. Standar	Flujo conc. Universal	Medidas p/ Standar
2' RCT	114-6811pm	227-6811pm	1''
3' RCF	265-1703	644-1703	1 1/4''
4' RCF	568-4542	1211-4542	1 1/2''
6' RCF	1136-9463	2650-9463	2''
9' RCF	3218-18985	5300-18925	2 1/2''

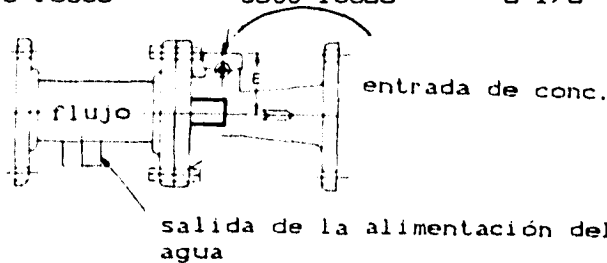


Tabla. [12]. Salidas de descarga mínimas para AFFF.
Tomado de NFPA 5214.

Diámetro del tanque mayor de m(pies), hasta	Techo cónico
24.38(80)	1
24.38(80), 36.57(120)	2
36.57(120), 42.67(140)	3
42.67(140), 48.76(160)	4
48.76(160), 54.86(180)	5
54.86(180), 60.96(200)	6

mayor de 60.96m, adicionar una entrada por cada
464 m² (5000pies²).

Tabla [13] boquillas manuales
Información tomada de National foam

BOQUILLA	PROPORCIONADOR EN LINEA		SOLUCION ESPUMA	DISTANCIA MAX. ENTRE LOS DOS
	3%	6%		
RP-6	LP-6A	LP-6	208Lpm	46 m
JS-10	LP-9A	LP-9	321 Lpm	30 m
PC-31	LP-17A	LP-17	814 Lpm	46 m

Tabla [14] Proporcionadores en línea
tomado de National foam

PRESIÓN DE FLUJO DE SOLUCIÓN							PRESIÓN DE FLUJO DE SOLUCIÓN						
MODELO	ENTRADA		3% (A SERIES)		6%		MODELO	ENTRADA		3% (A SERIES)		6%	
	PSI	kPa	GPM	LPM	GPM	LPM		PSI	kPa	GPM	LPM	GPM	
LP SLP-6	40	276	234.7	89.1	113	42.7	LP SLP-30	40	276	234.7	89.1	113	
	50	345	192.1	72.4	94	34.8		50	345	192.1	72.4	94	
	60	414	150.5	56.6	75	28.0		60	414	150.5	56.6	75	
	70	483	108.9	40.8	56	20.9		70	483	108.9	40.8	56	
	80	552	67.3	25.0	37	13.8		80	552	67.3	25.0	37	
	90	621	25.7	9.6	14	5.3		90	621	25.7	9.6	14	
LP SLP-9	40	276	319.5	120.8	154	58.4	LP SLP-35	40	276	319.5	120.8	154	58.4
	50	345	247.8	93.1	118	44.3		50	345	247.8	93.1	118	44.3
	60	414	176.1	65.4	85	31.2		60	414	176.1	65.4	85	31.2
	70	483	104.4	39.7	51	19.1		70	483	104.4	39.7	51	19.1
	80	552	42.8	16.1	20	7.5		80	552	42.8	16.1	20	7.5
	90	621	11.2	4.2	8	3.0		90	621	11.2	4.2	8	3.0
LP SLP-12	40	276	404.2	152.1	193	71.3	LP SLP-40	40	276	404.2	152.1	193	71.3
	50	345	312.5	117.4	148	55.4		50	345	312.5	117.4	148	55.4
	60	414	220.8	82.7	108	40.5		60	414	220.8	82.7	108	40.5
	70	483	129.1	48.0	64	23.6		70	483	129.1	48.0	64	23.6
	80	552	47.4	17.8	23	8.7		80	552	47.4	17.8	23	8.7
	90	621	11.7	4.4	10	3.7		90	621	11.7	4.4	10	3.7
LP SLP-15	40	276	488.9	184.4	234	86.8	LP-45	40	276	488.9	184.4	234	86.8
	50	345	377.2	141.7	180	67.9		50	345	377.2	141.7	180	67.9
	60	414	265.5	100.0	136	50.0		60	414	265.5	100.0	136	50.0
	70	483	153.8	58.3	82	30.1		70	483	153.8	58.3	82	30.1
	80	552	42.1	15.8	26	9.8		80	552	42.1	15.8	26	9.8
	90	621	10.5	3.9	13	4.9		90	621	10.5	3.9	13	4.9
LP SLP-17	40	276	573.6	216.7	275	101.3	LP-50	40	276	573.6	216.7	275	101.3
	50	345	442.9	165.0	210	78.4		50	345	442.9	165.0	210	78.4
	60	414	312.2	116.3	156	58.5		60	414	312.2	116.3	156	58.5
	70	483	181.5	67.6	91	33.6		70	483	181.5	67.6	91	33.6
	80	552	50.8	19.1	31	11.7		80	552	50.8	19.1	31	11.7
	90	621	12.2	4.6	15	5.6		90	621	12.2	4.6	15	5.6
LP SLP-20	40	276	658.3	249.0	316	117.8	LP-55	40	276	658.3	249.0	316	117.8
	50	345	507.6	190.3	241	90.9		50	345	507.6	190.3	241	90.9
	60	414	356.9	133.6	176	64.0		60	414	356.9	133.6	176	64.0
	70	483	206.2	76.9	101	37.1		70	483	206.2	76.9	101	37.1
	80	552	55.5	20.8	34	12.8		80	552	55.5	20.8	34	12.8
	90	621	13.9	5.1	17	6.4		90	621	13.9	5.1	17	6.4
LP SLP-25	40	276	842.0	315.3	407	151.3							
	50	345	631.5	236.8	306	113.8							
	60	414	421.0	158.3	205	76.3							
	70	483	210.5	78.8	104	38.8							
	80	552	50.0	18.8	33	12.3							
	90	621	12.5	4.7	16	6.0							

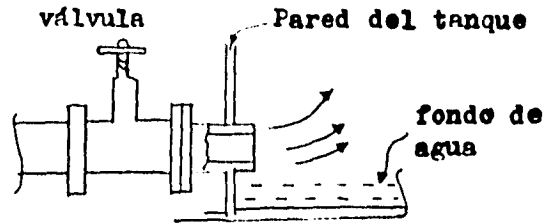
FALLA DE ORIGEN

Tabla (15) Formadores de espuma a contrapresión Tomado de Ansul

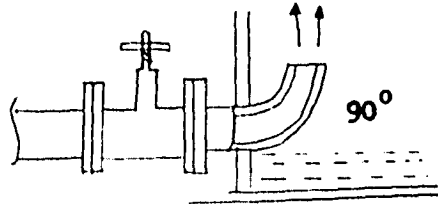
Modelo	Aplicación	Flujo
HBPFM-100	Fi ja	379 lpm
HPPFM-150	Fi ja	568
HBPFM-200	Fi ja	757
HBPFM-250	Fi ja	946
HBPFM-300	fi ja	1136
HBPFM-350	Fi ja	1324
HBPFM-400	Fi ja	1514
HBPFM-450	Fi ja	1703
HBPFM-500	Fi ja	1893
HBPFM-550	Fi ja	2082

Tabla (16) tipos de entradas recomendadas.

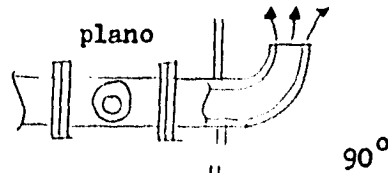
recomendada para tanques de techo cónico.



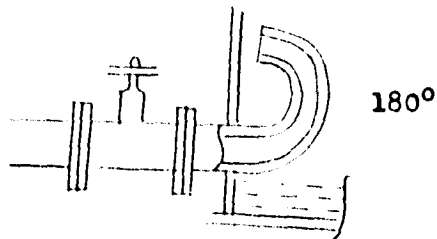
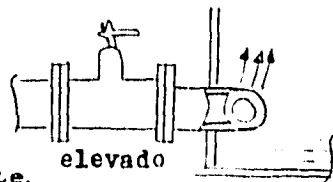
posible para un tanque con sedimento



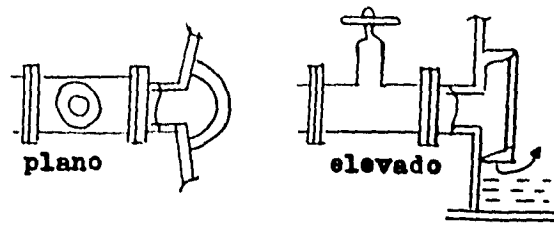
buena para tanques de techo flotante.



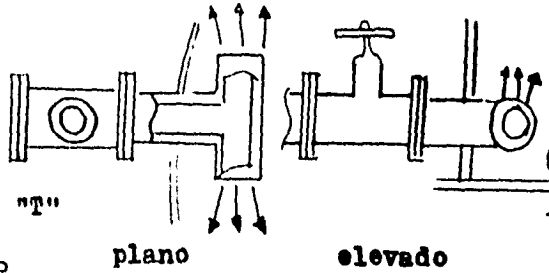
no es recomendada para tanques de techo flotante.



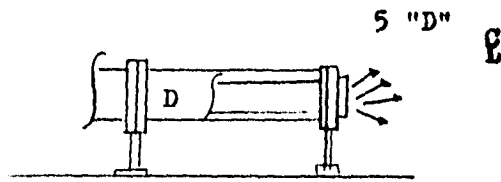
recomendada para tanques
de techo flotante.



recomendada para tanques
de techo flotante.



aplicación en el centro
del tanque



sujeta directamente

soportes de tubería

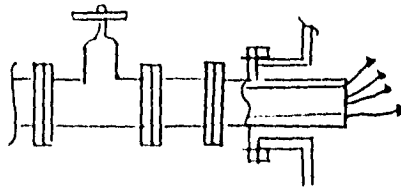
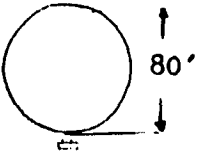
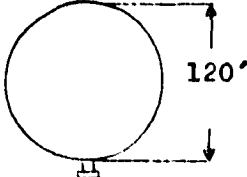
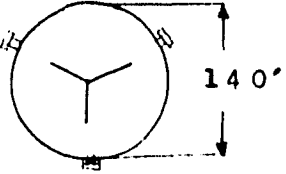
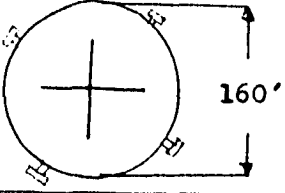
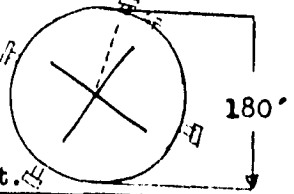
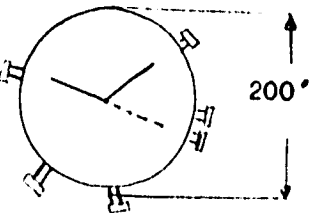


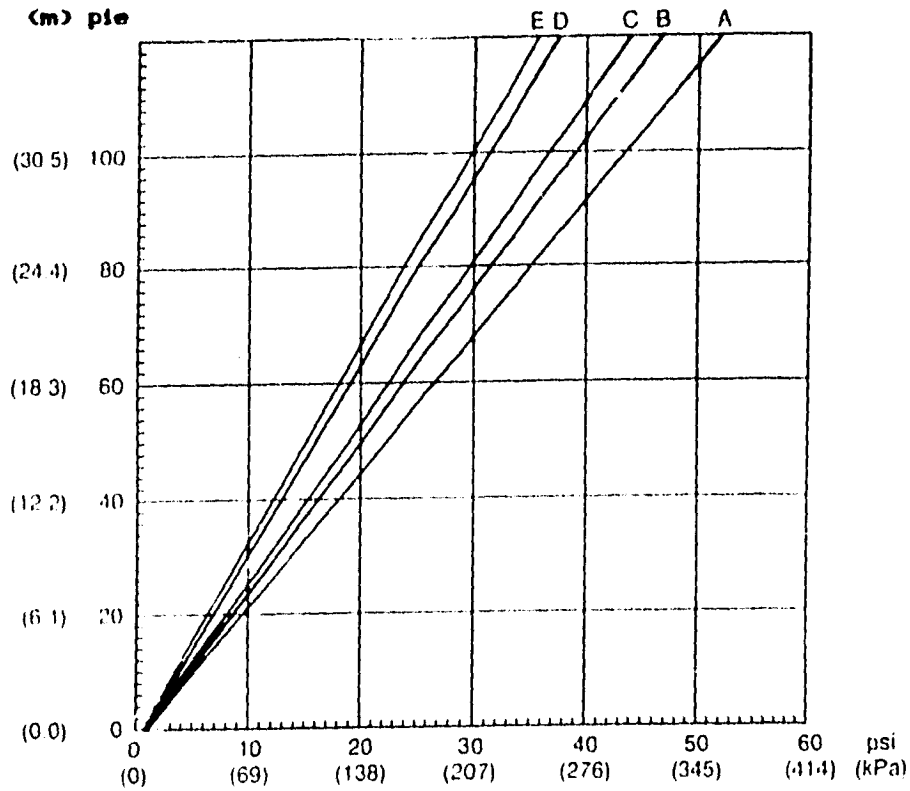
Tabla [17] Puntos de aplicación recomendados para inyección subsuperficial y arreglo para varios tamaños de tanques.

<p>hasta 24.4 m (80 pies) de diametro; una entrada; medida maxima 8''.</p>	
<p>hasta 36.6 m (120 pies) de diametro; 2 entradas; a 180° ;medida max.10''.</p>	
<p>hasta 42.7 m (140 pies) de diametro 3 entradas a 120° ;medida maxima 10''.</p>	
<p>hasta 48.8 m (160pies) de diametro, 4 entradas a 90° ;medida max.10''.</p>	
<p>hasta 54.9 m (180 pies) de diametro; 5 entradas a 90° y una en el centro medida max. 10'', la aplicación en el centro no se recomienda.</p>	 <p>+tubería iny. int.</p>
<p>hasta 61m (200 pies) de diametro; 6 entradas 5 a 72° y una en el centro medida maxima 10'', la aplicación en el centro no se recomienda.</p>	

**Gráfica (1) presión de cabeza estática Vs cabeza estática
Tomado de ANSUL.5B-4**

densidad relativa
 A= 1 (agua)
 B= 0.90 (aceites)
 C= 0.84 (aceite
 combustible)
 D=0.72 (gasolina)
 E=0.68 (Heptano)

cabeza
 estática
 (máximo
 peso de
 líquido)

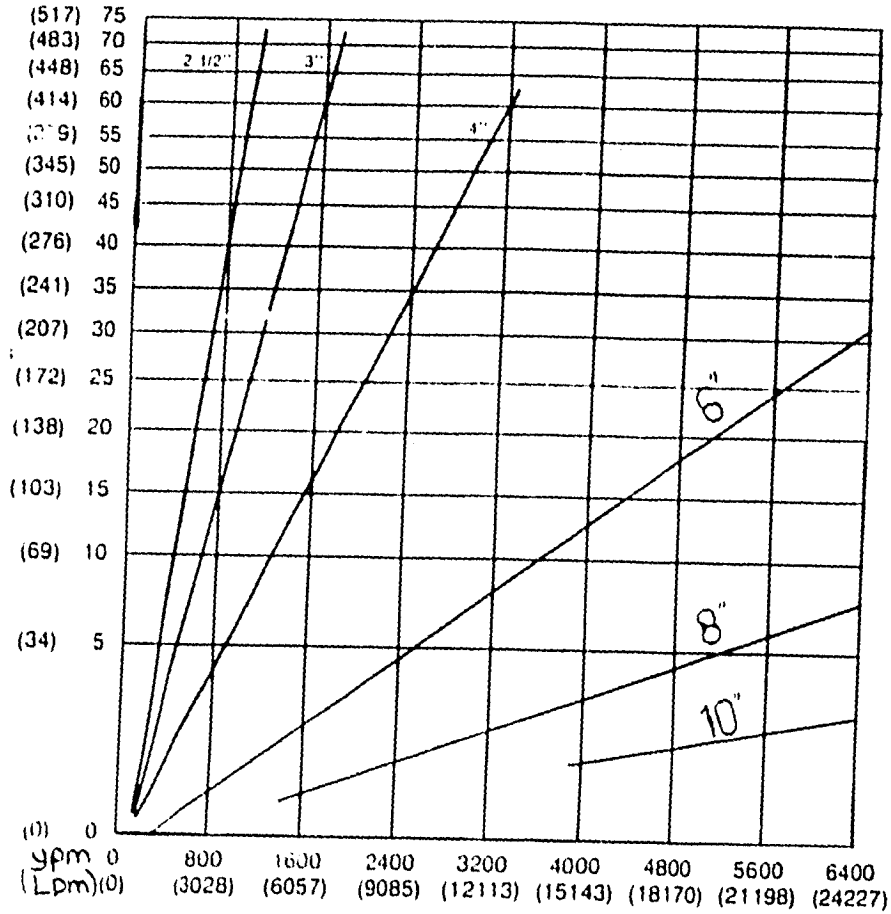


presión debida a la cabeza estática

Gráfica (2) flujo volumétrico de la espuma contra pérdidas por fricción. Esta gráfica esta basada en tubería cédula 40. Tomado de ANSUL 5-5 (AFFF)

perdidas por fricción por 30.5 m (100 pies)

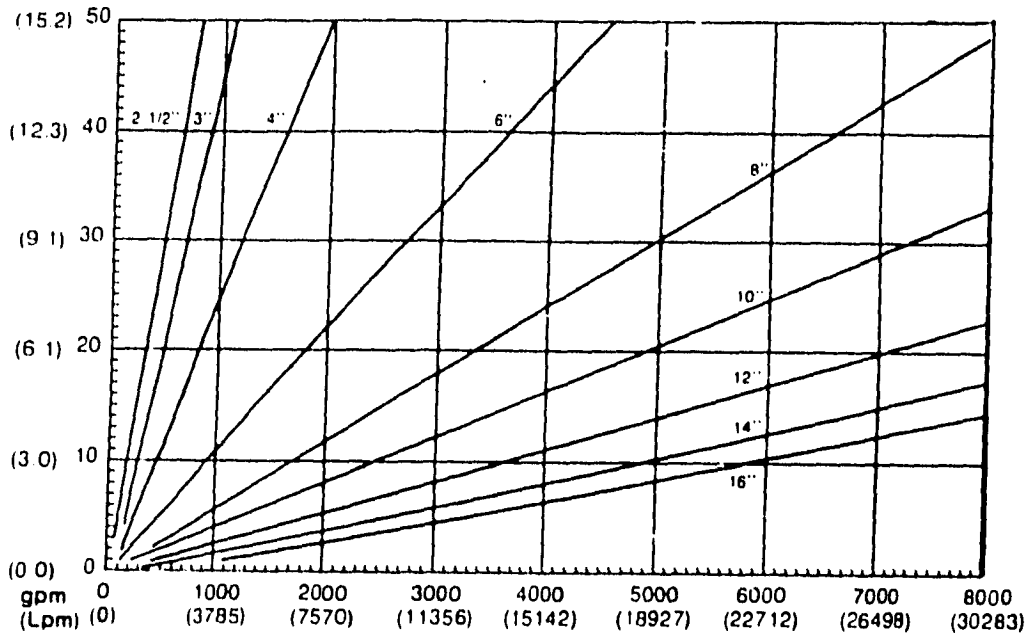
(kpa) psi



flujo volumétrico de la espuma

Gráfica (3) flujo volumétrico de la espuma expandida contra velocidad de la espuma. Esta gráfica esta basada en tubería cédula 40. Tomada de ANSUL 5B-3 (AFFF)

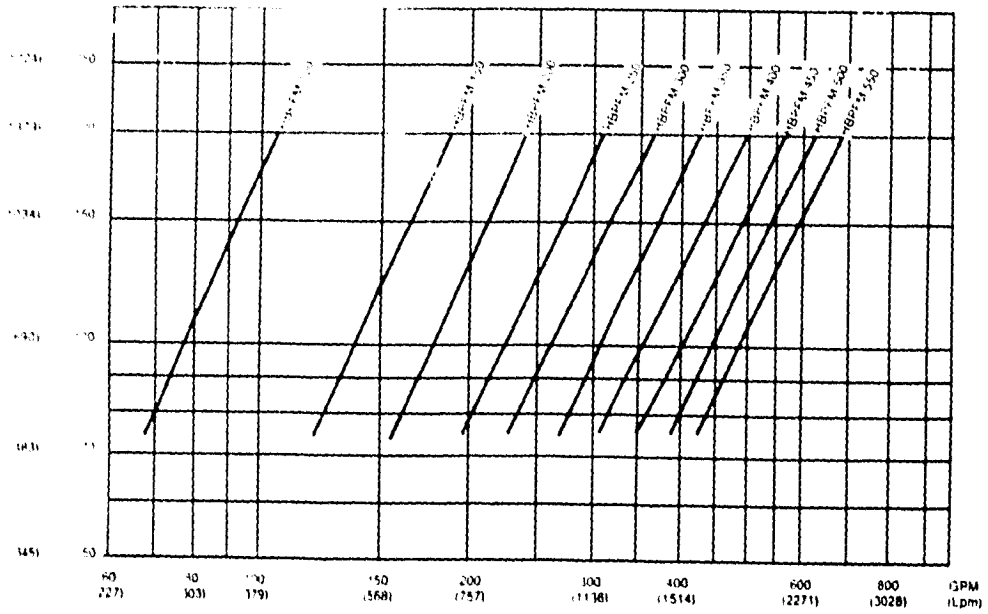
Velocidad
de la
espuma
(m/seg)(ft/seg)



flujo volumétrico de la espuma expandida

Gráfica(4) flujo volumétrico contra presión de entrada.
 Tomado de Hojas de datos de ANSULA (AFFF)

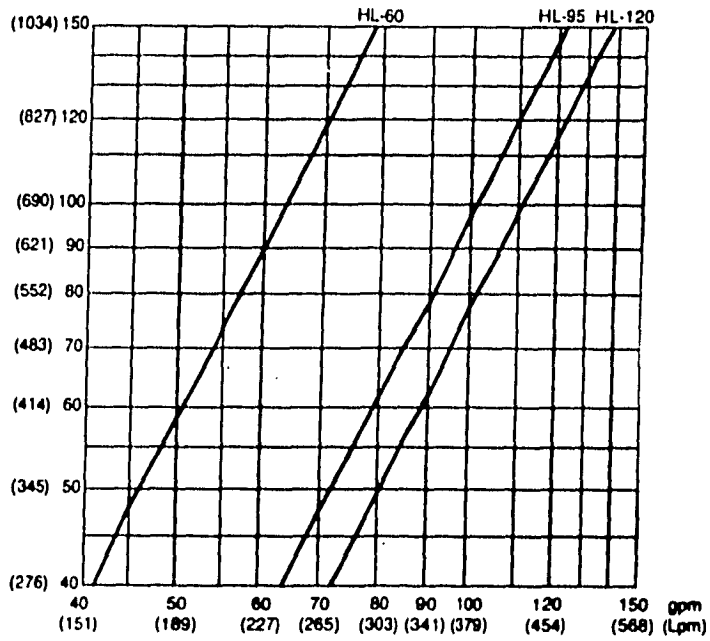
presión
 de
 entrada
 (kpa)psi



flujo volumétrico

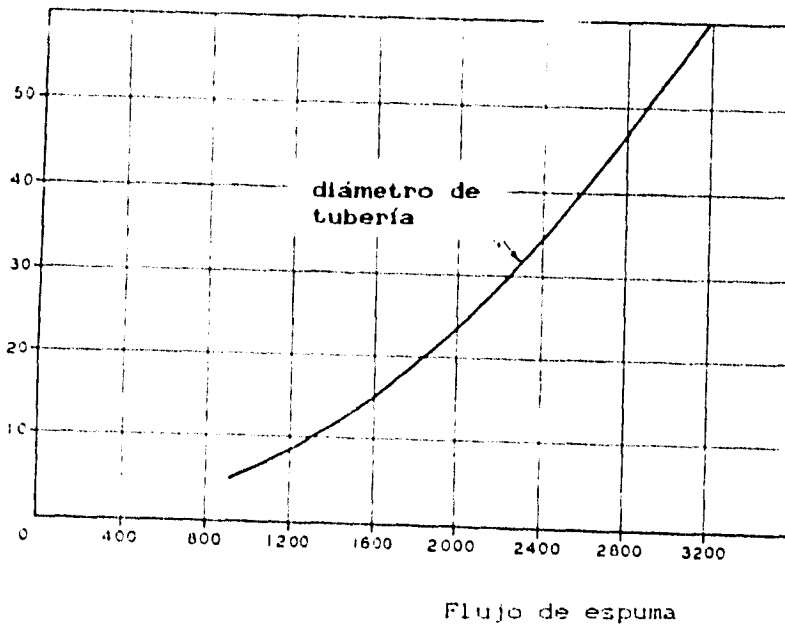
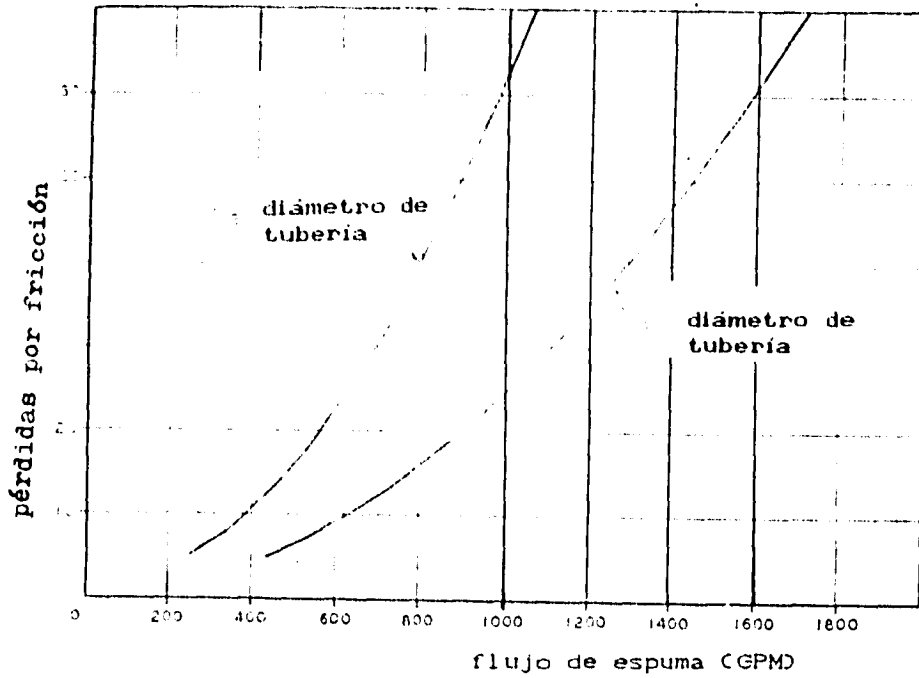
Gráfica (5) flujo volumétrico contra presión de entrada.
tomado de hojas de datos de ANSUL.

presión de
entrada
(kpa)psi

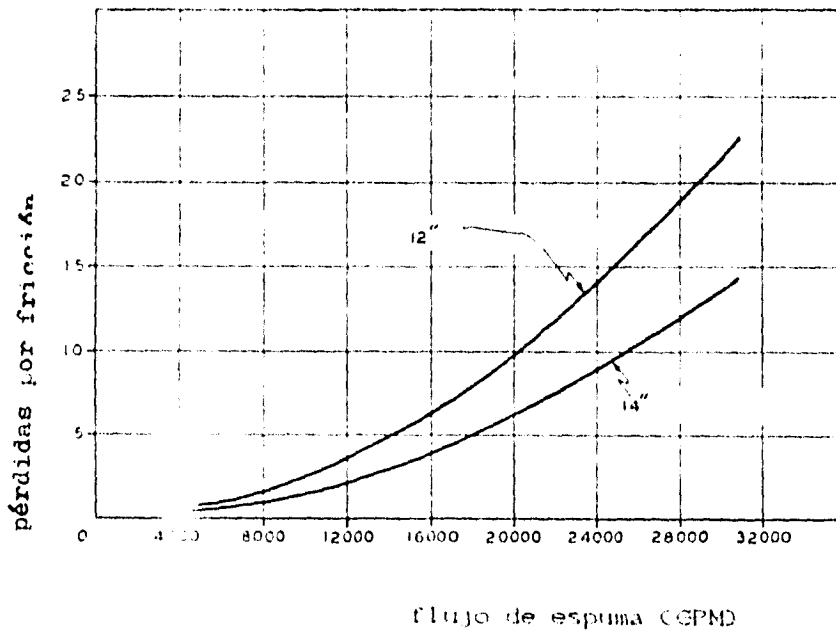
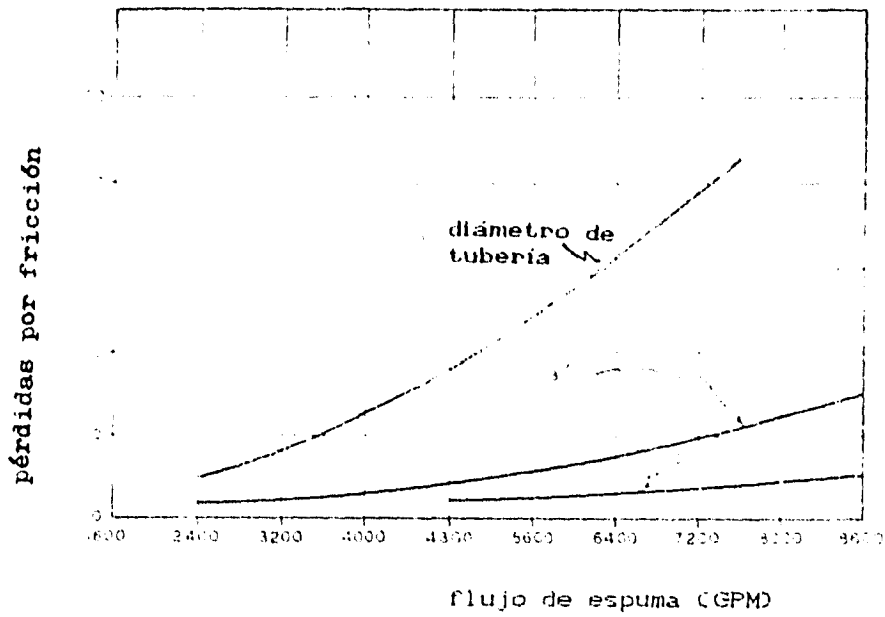


flujo volumétrico

Grafica 16) Perdidas por fricción en 100 m de tubería (psi) tomado de NFPA A-3561A.

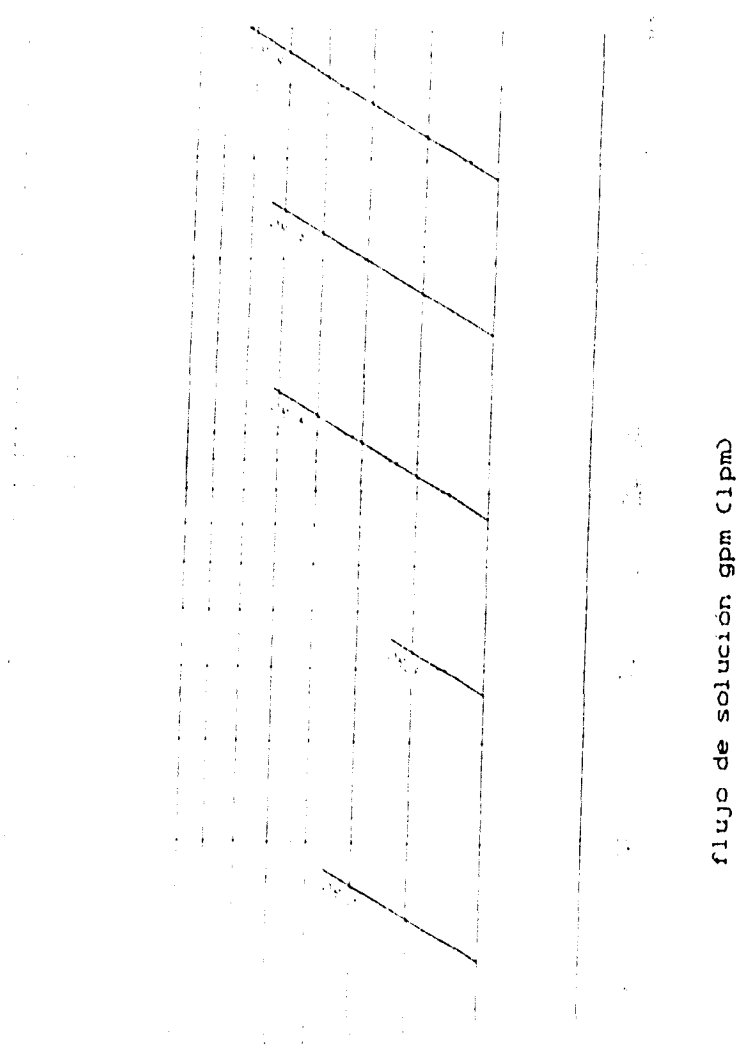


FALLA DE ORIGEN



FALLA DE ORIGEN

Gráfica [7] Presión de entrada mínima del proporcionador de flujo contra flujo de solución usado con tanques vejiga.



presión mínima de entrada psibar

FALLA DE ORIGEN