



10
2ej^o

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
A R A G O N**

**ASPECTOS BASICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO
DE AREAS DE ALMACENAMIENTO DE
LIQUIDOS COMBUSTIBLES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

JOSE Y. DOMINGUEZ ESQUIVEL

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CIUDAD DE MEXICO

1992



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 está 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.

C O N T E N I D O

1	ASPECTOS GENERALES	
1.1	Introducción	1
1.2	Objetivo	1
1.3	Límite y aplicaciones	2
1.4	Clasificación de líquidos combustibles e inflamables	6
1.5	Terminología	9
2	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
2.1	Aspectos generales de diseño y construcción de los tanques	25
2.2	Localización e instalación de tanques superficiales en exteriores	35
3	VENTILACION PARA TANQUES SUPERFICIALES	
3.1	Ventilación para tanques superficiales	63
3.2	Ventilación de alivio de emergencia para exposición a incendio de tanques superficiales	75
3.3	Cimentación, soporte y anclaje de los tanques ..	101
3.4	Fuentes de ignición	106
3.5	Pruebas de los tanques previas a su puesta en servicio	106
3.6	Protección a incendio e identificación	109
3.7	Prevención de sobrellenado de tanques	110
3.8	Recomendaciones generales	112
3.9	Ejemplo de aplicación	115
4	TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES	
4.1	Generalidades	123
4.2	Materiales para tuberías, válvulas y piezas especiales	125
4.3	Juntas en tuberías	130
4.4	Soportes	132
4.5	Protección contra corrosión	132
4.6	Válvulas	132

4.7 Pruebas de la tubería	133
4.8 Identificación	134
4.9 Recomendaciones generales	134
5 SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO	
5.1 Generalidades	138
5.2 Aditivos para el método de sofocamiento de incendios	145
5.3 El agua para el combate de incendios	154
5.4 Sistema de espuma para protección por el método de sofocamiento en tanques de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables ..	158
5.5 Sistema de espuma para protección por el método de sofocamiento en tanques de almacenamiento de solventes polares	202
5.6 Bombas contra incendio para el método de enfriamiento	206
5.7 Motores para bombas contra incendio para el método de enfriamiento	233
5.8 Pruebas de los equipos de bombeo	241
5.9 Sistema de agua para servicio contra incendio - por el método de enfriamiento	249
6 OPERACION	
6.1 Generalidades y alcance	257
6.2 Recomendaciones	257
6.3 Manejo, transferencia y uso del líquido	266
6.4 Prevención y control del incendio	281
7 CONCLUSIONES	285
Referencias	291

CAPITULO UNO ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCION

En virtud de la importancia que representa un adecuado diseño de las Areas de Almacenamiento y Distribución de líquidos combustibles e inflamables en los Puertos y Aeropuertos Mexicanos, para su uso en los medios de transporte, y tomando en cuenta las experiencias vividas por otros países con el manejo de esta clase de líquidos, que han retroalimentado el conocimiento para una mejor comprensión de su comportamiento, generando cambios que hacen más seguro su manejo. Es así, como se hace necesario contar con normas, especificaciones, y recomendaciones actualizadas para el diseño de este tipo de instalaciones.

1.2 OBJETIVO

El objetivo que se persigue en este trabajo es el de presentar los aspectos básicos que deben observarse, en el diseño de las Areas de Almacenamiento y Distribución de Líquidos Combustibles e Inflamables; aunque, su magnitud podría ser muy amplia, se enfocará desde el punto de vista de seguridad; considerando los aspectos siguientes:

- a) Separaciones mínimas entre las estructuras o elementos que conforman un Area de Almacenamiento y Distribución.
- b) Separaciones mínimas entre los elementos del Area de Almacenamiento con relación a propiedades públicas o privadas; como líneas de ferrocarril, vías públicas, zonas habitacionales, etcétera.
- c) Localización recomendable de las estructuras del Area de Almacenamiento y elementos de los tanques con relación a los vientos dominantes.
- d) Sistema de protección contra incendio, adecuado para las Areas de Almacenamiento; de acuerdo a los líquidos combustibles e

inflamables que son almacenados.

1.3 LIMITE Y APLICACIONES

Los conceptos relacionados con este trabajo podrán ser aplicados a todos los líquidos combustibles e inflamables, que, para propósitos de protección contra incendio, son definidos como aquellos fluidos con una presión de vapor no mayor de 40 psia; que es aproximadamente 25 psig a 37.8°C (100°F). No deberán ser aplicados a líquidos que permanezcan en estado sólido a una temperatura mayor de 37.8°C [5](28). Aunque, existen algunas sustancias, como por ejemplo el asfalto, que no tiene una línea divisoria bien definida entre los estados sólido y líquido; adicionalmente, se definirá a un líquido como aquel que tenga una fluidez mayor de 300 penetraciones del asfalto.

Algunas de las sustancias que no quedan dentro de estos alcances, se pueden citar las siguientes: el Gas Licuado de Petróleo (GLP), el Gas Licuado Natural (GLN) y el Hidrógeno Licuado, entre otros.

Las condiciones de uso y almacenamiento de la amplia variedad de los líquidos combustibles e inflamables dependen, por principio, de sus características de ignición; particularmente el punto de inflamación, si bien, comúnmente aceptado como el más importante criterio del peligro relativo de estos líquidos [5](28), no es el único factor utilizado para evaluarlo. La temperatura de ignición, el rango inflamable, la rapidez de evaporación, la reactividad cuando es contaminado o expuesto al calor, la densidad, y la rapidez de difusión de los vapores; también afectan la seguridad. Esta característica, del punto de inflamación, es la base para la clasificación de los líquidos combustibles e inflamables. Debiéndose observar, que la clasificación de cualquier líquido puede alterarse por contaminación con otro de características diferentes; siendo necesario, en estos casos, la aplicación de requerimientos apropiados para su adecuada definición.

La característica, arriba descrita, fué tomada como base para

la clasificación de los líquidos," por su relación directa para generar vapor [5][28]. Pues, estrictamente hablando, los líquidos combustibles e inflamables por sí mismos no producen incendio; esto ocurre cuando una chispa o alguna otra fuente de ignición en la presencia de vapores inflamables provocan un incendio o explosión; cuando son mezclados con el aire en ciertas proporciones. Es así como la generación de vapor llega a ser el primer factor en la determinación del riesgo de incendio; así también, el control de los vapores es el primer paso para la regulación de ese peligro.

Cuando se prevean o tengan estas condiciones, se deberán tomar precauciones adicionales para evitar su acumulación e ignición; proporcionando ventilación al espacio de vapor; y controlando las fuentes de ignición. Las medidas preventivas para los líquidos inflamables deberán observarse, de acuerdo con la Tabla 1.1, para los líquidos de Clase II y Clase III, bajo estas circunstancias. Un ejemplo palpable lo tenemos con el aceite combustible N. 6, que es del tipo de los petróleos pesados, para usarse en quemadores equipados con precalentadores que permiten una alta viscosidad del combustible y que bajo condiciones normales de temperatura ambiental, tiene un punto de inflamación de 65°C; y cuando es calentado a una temperatura mayor a la de éste punto, su volatilidad se incrementa, asumiendo características de un líquido de menor punto de inflamación.

Se hace resaltar que cualquier líquido Clase II o Clase III calentados a una temperatura mayor a la de su punto de inflamación; presentarán el mismo grado de riesgo a incendio y explosión, al menos en la inmediata vecindad del líquido; como un líquido inflamable. También, se deberán tomar precauciones adicionales cuando los líquidos sean calentados por encima de su temperatura de autoignición. La fuga o derrame de cualquier líquido calentado por encima de su temperatura de ignición, resultará comunmente en casi una ignición inmediata de los vapores fuera del alcance de alguna fuente de ignición. Así, una neblina de un líquido Clase II o Clase III, presentará un peligro de deflagración algo similar a la explosión de un polvo; aunque no en forma violenta. Estas características de los líquidos combustibles a menudo no son

consideradas, y en algunos casos ignoradas.

Existen líquidos con características de combustión poco comunes; sujetos a la ignición propia cuando son expuestos al aire; altamente reactivos con otras sustancias; sujetos a descomposición explosiva o con otras propiedades especiales que dictan salvaguardar además de lo especificado para un líquido normal de similar clasificación del punto de inflamación, requisitos adicionales para su almacenamiento y uso seguro.

Cuando el material manejado posea estas propiedades, se deberán estudiar sus características peligrosas; para lo cual, la Norma NFPA 49 [9] proporciona información de las propiedades peligrosas de varios productos químicos, incluyendo un número de reactivos y líquidos combustibles e inflamables. Pueden requerir medidas especiales de protección tales como el incremento de la distancia entre tanques, como se indicará en capítulos posteriores, o aislamiento del tanque o sistemas de pulverización de agua, etcétera.

Solamente unos pocos líquidos inflamables son altamente reactivos al agua. Donde sean almacenados estos líquidos, es recomendable seguir las precauciones señaladas en las Referencias [9] y [25]; Donde se dispone de información sobre reacciones de productos químicos que tienen el potencial para la liberación peligrosa de energía.

Cada una de las Terminales de Almacenamiento y Distribución de Líquidos Combustibles e Inflamables son muy particulares, dado que tienen situaciones específicas que la hacen diferente una de otra; tales como condiciones topográficas, barricadas, muros, salidas suficientes, naturaleza de ocupación, proximidad de edificios, capacidad y construcción de los tanques propuestos, características de los líquidos que van a ser almacenados, grado de protección particular del incendio que va a ser previsto o capacidad de instalaciones del Cuerpo de Bomberos para enfrentarse al incendio. Estos son, entre otros, algunos aspectos que deben ser considerados por el ingeniero que diseña estas instalaciones.

Una mayor protección o igual restricción de una instalación puede ser necesaria en áreas densamente pobladas o en donde las capacidades de extinción del cuerpo de bomberos o sistemas de extinción de incendios no sea suficiente para proveer protección razonable al público.

La existencia de una situación que pueda resultar en una explosión o súbita escalación de un incendio; debido a una ventilación inadecuada de espacios confinados, carencia de adecuada ventilación de emergencia de un tanque, o carencia de drenaje o diques para el control de derrames o fugas; pueden constituir un peligro, debiéndose en tales casos, adoptar medidas de seguridad que no pueden ser excluidas.

Dentro de los aspectos que no se tratarán en este tema, están los siguientes:

- a) La transportación de Líquidos Combustibles e Inflamables, debiéndose consultar la Referencia [24]. Aunque, en algunas situaciones, un vehículo-tanque que es rutinariamente empleado para almacenamiento de un líquido por un período temporal de varios días, es realmente empleado como un tanque de almacenamiento portátil.
- b) Almacenamiento, manejo y uso de tanques para aceite combustible y recipientes conectados a equipos de calentamiento con petróleo crudo; debiéndose consultar la Referencia [6].
- c) Los líquidos fuera de sus puntos de inflamación que pueden ser incendiados bajo algunas situaciones, como ciertos hidrocarburos halogenados y mezclas conteniendo estos hidrocarburos; para lo cual se recomienda consultar la Referencia [22].
- d) Niebla, rocío o espuma empleando Materiales Combustibles e Inflamables; siendo útil la información contenida en la Referencia [7].

La Asociación Nacional de Protección Contra Incendio (NFPA; National Fire Protection Association) publica un número de normas

que se aplican a peligros o procesos específicos; siendo útiles para los casos particulares que se presenten.

1.4 CLASIFICACION DE LOS LIQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES

Los Líquidos Combustibles e Inflamables han sido definidos en el punto anterior. Un líquido es cualquier material que tiene una fluidez mayor de 300 penetraciones del asfalto, siendo probado de acuerdo a la norma ASTM D 5-80 (49). Un material que tenga la característica de fluir de 300 penetraciones del asfalto, es seleccionado de acuerdo a las normas del NFPA, por ser el material más viscoso garantizadamente clasificado, como un líquido para los requerimientos de los líquidos combustibles e inflamables señalados en la norma NFPA 30 (5); alguna viscosidad mayor indicará un sólido, que no queda cubierto dentro de estos alcances.

El siguiente sistema de clasificación esta basado (5)(28) sobre la división de los líquidos combustibles e inflamables en tres categorías. Se hace notar, que en muchas áreas o lugares la temperatura interior podría aproximarse en ocasiones durante el año a 37.8°C. Por lo cual, todos los líquidos con puntos de inflamación menores de 37.8°C son llamados LIQUIDOS CLASE I. En otras áreas o lugares, la temperatura ambiental podría exceder de 37.8°C, requiriendo un moderado grado de calentamiento para elevar el líquido a su punto de inflamación. Basado en este concepto, una segunda división de 37.8°C a 60°C fue establecido para estos líquidos en este rango del punto de inflamación, para ser conocidos como LIQUIDOS CLASE II. Después, los líquidos con puntos de inflamación mayor de 60°C requerirán considerable calentamiento a partir de otra fuente diferente a la temperatura ambiente, ellos han sido identificados como LIQUIDOS CLASE III.

Lo anterior es una clasificación un tanto general. En la Tabla 1.1 se define específicamente la clasificación de los líquidos combustibles e inflamables, adicionando al grupo de líquidos inflamables la característica de que no tengan una presión de vapor mayor de 40 psia a 37.8°C.

TABLA 1.1 CLASIFICACION DE LOS LIQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES

LIQUIDO	CLASE	PUNTO DE INFLAMACION	PUNTO DE EBULLICION
INFLAMABLE	IA	menor de 22.78 °C	menor de 37.78 °C
	IB	menor de 22.78 °C	mayor o igual que 37.78 °C
	IC	mayor o igual que 22.78 °C pero menor de 37.78 °C	
COMBUSTIBLE	II	mayor o igual que 37.78 °C pero menor de 60.00 °C	
	IIIA	mayor o igual que 60.00 °C pero menor de 93.33 °C	
	IIIB	mayor o igual que 93.33 °C	

Existen otros sistemas de clasificación para estos líquidos; en algunos, los puntos de ruptura entre las clases de líquidos son diferentes, o el probador de copa abierta del punto de inflamación es utilizado para determinar esta característica. En otros sistemas de clasificación, la solubilidad del líquido con el agua es considerada. El sistema de clasificación aquí señalado, es basado en la determinación del punto de inflamación con alguno de los métodos de copa cerrada.

Es importante hacer notar los cambios que ha tenido este sistema de clasificación hasta llegar al estado actual [5], de acuerdo a las normas NFPA.

Se entenderá como líquido combustible a aquellos líquidos que tengan un punto de inflamación mayor o igual a 37.78°C. El término combustible apareció por primera vez en la revisión de la norma NFPA 30, en 1963. La subdivisión Clase III fue aplicada a líquidos que tenían un punto de inflamación mayor o igual que 60°C, pero

menor de 93.33°C. En la revisión de 1966 de esa misma norma, la Clase III fué subdividida en dos clases: la Clase IIIA y la Clase IIIB. La primera existió como la anterior Clase III y posteriormente se incluyeron líquidos de un punto de inflamación mayor.

La revisión de 1972 del Código NFPA amplió el alcance para incluir líquidos Clase IIIB. El resultado generado no fué mayor, afectando esencialmente algunos aspectos de localización y almacenamiento de recipientes.

Antes de la edición de 1973 del Código NFPA, los líquidos Clase II fueron incluidos bajo la definición de líquido inflamable. Cuando se estableció el OSHA (U.S. Occupational Safety and Health Administration) en 1972, el Código NFPA fué adoptado como interrelación legal bajo las regulaciones del OSHA. Surgió entonces un conflicto inmediato entre las especificaciones del OSHA y el DOT (U.S. Department of Transportation), pues cada uno empleaba un diferente punto de ruptura entre *inflamable* y *combustible*. Esta discrepancia fué resuelta cuando el Código NFPA redefinió los líquidos Clase II como Líquidos Combustibles en la edición de 1973.

Los vapores de los líquidos combustibles e inflamables en estado puro son más pesados que el aire, y solo pueden existir en ese estado en o arriba del punto de ebullición del líquido. En otras condiciones, el vapor es mezclado con el aire y su densidad es reducida de manera proporcional. A la temperatura del punto de inflamación la mezcla vapor-aire será menor de alrededor del 5% del vapor; el resto es aire, y esta mezcla es solo ligeramente más densa que el aire no contaminado. Así, la mezcla es fácilmente dispersable por el viento o corrientes de convección. Por otra parte, esto significa que una mezcla dentro del rango inflamable es de esperarse que fluya horizontalmente, a menudo por cierta distancia hasta dispersarse. Tales mezclas pueden y han sido conocidas para ser encendidas por fuentes de ignición remota a partir de la fuente de los vapores y sobre el flujo horizontal de la mezcla.

La adición de la característica del punto de ebullición, para la diferenciación entre la Clase IA y la Clase IB, fué incluida por que los líquidos de bajo punto de ebullición tienen una presión de vapor alta, que puede aproximar la línea divisoria entre los líquidos y los gases (40 psia); y pueden requerir almacenamiento en tanques diferentes a los atmosféricos. Para aquellos materiales o sustancias más peligrosos, se deben contemplar mayores requisitos.

Los líquidos Clase IA y Clase IB bajo condiciones normales de temperatura ambiente, generarán suficiente vapor para crear una concentración dentro del rango inflamable en todo momento. Los recipientes a presión u otros de construcción robusta, capaces de resistir una presión interna tan alta como 0.35 kg/cm² man, deben ser empleados para almacenar líquidos inflamables Clase IA. Por otro lado, el producto se evaporará del recipiente, creando una atmósfera peligrosa. La diferencia entre la Clase IA y Clase IB llega a ser importante en la selección del tipo de tanque y en los límites de localización sobre cantidades almacenadas en edificios.

1.5 TERMINOLOGIA

Se manejarán algunos términos de manera continua en este trabajo, que debemos entenderlos para una mejor comprensión del tema expuesto.

Aerosol. Es un material que es despachado de su recipiente como una neblina, rocío o espuma por medio de una propulsión bajo presión; aplicándose este término al producto contenido, no al recipiente o a la propulsión.

Aprobado. A las instalaciones, procedimientos, equipos o materiales que sean aprobados o evaluados bajo pruebas de laboratorio o sean efectuados de acuerdo al cumplimiento de normas adecuadas; como por ejemplo, las Normas de Petróleos Mexicanos, NFPA, API, ASTM, etcétera.

Area a prueba de fuego. Un área de un edificio separada del

resto de la estructura, por un material constructivo que tenga una resistencia al fuego de al menos una hora, y que todas las comunicaciones abiertas sean adecuadamente protegidas por una junta resistente al fuego, estimada también, de al menos una hora.

Tal construcción resistente al fuego debe separar completamente dicha área de cualquier otra parte del edificio, desde el piso hasta el techo; de tal manera, que encierre totalmente el área a prueba de incendio. La separación resistente al fuego debe extenderse hasta el diván, sótano o espacio entre vigas. Así por ejemplo, en un piso en particular del edificio, el muro contra incendio debe cerrar el espacio entre vigas, y el área del desván del resto del edificio. De lo contrario, el techo y el piso deberán ser de un material constructivo clasificado resistente al fuego, en adición a los muros. Los muros contra incendio no pueden ser penetrados por vigas, trabes, etcétera.

Área de almacenamiento separada en interiores. Aquel cuarto o espacio de un edificio, empleado para el almacenamiento de líquidos en recipientes o tanques portátiles, separado de otros tipos de ocupación. Tales áreas (Ver figura 1.1) pueden incluir:

- Cuarto interior. Aquel cuarto totalmente incluido dentro de un edificio y sin tener muros adyacentes al exterior del edificio.
- Cuarto separado. Un cuarto que se encuentre en el interior de un edificio, y que tiene al menos un muro adyacente al exterior.
- Edificio adherido o adyacente. Aquel edificio que tiene un muro común con un edificio o estructura con otro tipo de ocupación.

Los muros exteriores del cuarto separado o edificio adherido, deben de prever alguna forma de acceso para propósitos de extinción de incendio, y bajo ciertas circunstancias, provisiones para ventilar la sobrepresión desarrollada por una explosión.

Autoridad competente. Se entenderá como la organización,

oficina o responsabilidad personal para aprobación del equipo, instalación o procedimiento.

Cuando la seguridad pública es prioritaria, la autoridad competente puede ser una oficina federal, estatal o local, u otra regional o individual tal como el Jefe de Bomberos, Jefe de oficina de prevención de incendios, Departamento del Trabajo, Departamento de Salud, Inspector Eléctrico u otros que tengan autoridad legal.

Para propósitos de seguridad, un departamento de inspección de seguridad, una oficina de clasificación u otra compañía representativa de seguridad, puede ser la autoridad competente. En varios casos, el mismo propietario puede ser esa autoridad o sus diseñadores toman tal papel.

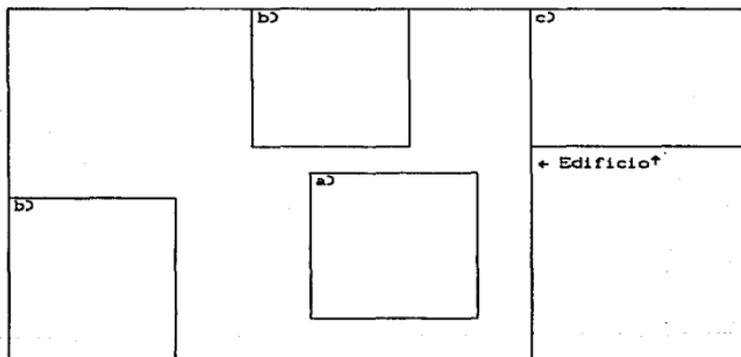


Figura 1.1 Esquema de un: a) Cuarto interior; b) Cuarto separado y c) Edificio adherido o adyacente.

Barril. Un volumen de 158.97 litros.

Bodegas o Almacenes

Almacén general. Es aquel edificio separado o parte de él utilizado para operaciones de almacenamiento. Refiriéndose a aquellas operaciones que no sean accesibles al público, incluyendo propósitos generales, operaciones de almacenaje de mercancías, distribución y productos industriales.

Bodega de líquidos. Un edificio separado o adherido, utilizado para operaciones de almacenamiento de líquidos.

Se puede diferenciar un almacén general de una bodega de líquidos; dado que el primero, maneja una variedad de mercancías combustibles, una porción de la cual pueden ser líquidos; y el segundo, maneja exclusivamente líquidos, con algunas excepciones mínimas. La regulación gobernante de cada tipo puede variar significativamente.

Calificado. A los materiales o equipos que han sido etiquetados o identificados con un símbolo o marca de una organización, aceptada por la autoridad competente que tenga jurisdicción y relacionada con la evaluación del producto, y que mantiene inspección periódica de producción de equipo o materiales calificados y por cuya calificación, el fabricante indica cumplir con normas apropiadas o ejecutadas de una manera específica.

Clasificación de ocupación. El sistema de definición de las operaciones característica, que son predominantes de una parte de un edificio o planta, para propósitos de aplicación de selecciones relevantes de lo expuesto en este tema. Esto puede incluir, pero no está limitado a: destilación, oxidación, descomposición y polimerización.

Clasificación de operación exterior. Similar a la clasificación de ocupación; excepto, que es aplicado a operaciones exteriores, no encerradas en un edificio o bajo abrigo.

Edificio para asamblea. Todos aquellos edificios o parte de ellos, utilizados para reunión de 50 o más personas para propósito de deliberación, culto, entretenimiento, comedor, diversión, o sala de espera para transportación.

Estaciones de servicio:

Estación de servicio para automóviles. Aquella parte de una propiedad, donde los líquidos utilizados como combustibles para motor, son almacenados y expendidos por equipo fijo al tanque de combustible de los vehículos; e incluirán algunas instalaciones dispuestas para la venta y servicio a neumáticos, baterías, accesorios y trabajos de mantenimiento menor.

Estación de servicio para la marina. Aquella parte de una propiedad donde los líquidos empleados como combustibles son almacenados y distribuidos por equipo fijo en muelles, embarcaderos fijos o flotantes; hacia el interior de tanques de combustible de embarcaciones de propulsión propia, e incluirán todas las instalaciones necesarias para el adecuado servicio.

Estación de servicio localizada en interiores de edificios. A la porción de una estación de servicio para automóviles, localizada dentro del perímetro de un edificio o estructura que tenga otras ocupaciones. La estación de servicio puede estar contenida total o parcialmente por los muros del edificio, y puede tener divisiones, estar cubierta o abierta al exterior.

Fuente de ignición. Es toda aquella fuente que tiene suficiente energía para producir la ignición de los vapores de los líquidos combustibles e inflamables. Las principales fuentes de ignición incluyen: flamas, superficies calientes, chispas de fricción o eléctricas, descargas eléctricas y compresión adiabática.

Fuente de peligro. Es la parte o partes de un equipo y sus instalaciones, por donde escapan sustancias explosivas o

inflamables al medio ambiente durante su operación, reparación o mantenimiento.

Líquido. Para los propósitos de este tema, un líquido es cualquier material que tenga una fluidez mayor de 300 penetraciones del asfalto, cuando es probado de acuerdo a la norma ASTM D 5-78. Cuando no es identificado por algún otro método, el término líquido significará un líquido combustible e inflamable.

Líquido combustible. Aquellos líquidos que tengan un punto de inflamación mayor o igual a 37.78°C.

Líquido estable. Cualquier líquido que no es definido como inestable.

Líquido inestable. Aquel líquido tal que, en estado puro o como es producido o transportado comercialmente, se polimeriza vigorosamente, descomponiéndose, experimentando reacción de condensación o convirtiéndose en una reacción propia bajo condiciones de choque, presión o temperatura.

Líquido inflamable. Aquellos líquidos que tengan un punto de inflamación menor de 37.78°C y una presión de vapor no mayor de 2.81 kg/cm² abs. (40 psia) a 37.78°C.

Materiales y productos químicos peligrosos. Es el material que presenta peligro más allá de los problemas de incendio relativos al punto de inflamación y ebullición. Estos peligros pueden provenir, pero no están limitados a: toxicidad, reactividad, inestabilidad y corrosividad.

Muelle. Aquel embarcadero, mamparo u otra estructura sobre o contigua al agua navegable, con acceso físico directo de tierra. Con la principal función de transferir el cargamento de líquido en volumen, entre las instalaciones en la playa y algún recipiente-tanque como buque, barcaza, barcos ligeros u otra embarcación móvil de flotación.

Ocupación institucional. A la ocupación o uso de un edificio o estructura o alguna porción de ella por personas albergadas o alojadas para recibir cuidados médicos, de beneficencia, u otros tratamientos, o por personas involuntariamente detenidas.

Ocupación mercantil. A la ocupación o uso de un edificio, estructura o alguna porción de ella para la exhibición, venta o compra de bienes o artículos de comercio.

Oficinas. A la ocupación o uso de un edificio, estructura o alguna porción de ella para la transacción de negocios o de prestaciones o recepción de servicios profesionales.

Operaciones. Es un término general que incluye pero no está limitado al uso, transferencia, almacenamiento y procesamiento de líquidos.

Petróleo crudo. A las mezclas de hidrocarburos con un punto de inflamación menor de 65.56°C y que no han sido procesados en una refinería.

Técnicamente, los hidrocarburos son compuestos químicos constituidos básicamente de hidrógeno y carbono; por ejemplo el heptano y el hexano.

Planta de productos químicos. Una gran planta integrada o aquella parte de una refinería o destilería donde los líquidos son producidos por reacción química o utilizados en reacciones químicas.

Presión de vapor. La presión medida en psia o en kg/cm^2 abs. ejercida por un líquido volátil. Las presiones de vapor de líquidos del petróleo usualmente son determinadas de acuerdo a la norma ASTM D 323-82 (Standard Method of Test for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method)).

Es una medida de la tendencia a evaporación de los líquidos.

Una mayor presión de vapor implica un líquido más volátil; es decir, genera vapores más rápidamente. La presión de vapor varía con la temperatura, creciendo de acuerdo al incremento de la temperatura del líquido, hasta que esta es igual a la presión de la atmósfera circundante y el líquido llega a ebullición.

Proceso o procesamiento. Una secuencia integrada de operaciones. La secuencia puede ser inclusive de operaciones físicas o químicas, a menos que el término sea modificado para restringirlo a una u otra. La secuencia puede incluir, pero no está limitado a preparación; separación; purificación; o cambio en estado; contenido de energía; o composición.

Protección a exposiciones. La protección contra incendio para estructuras o propiedades adyacentes a líquidos almacenados. Se aceptará tal protección cuando se localicen ambas dentro de la jurisdicción de algún servicio de bomberos, o adyacentes a plantas que tengan un cuerpo de bomberos particular, capaz de proporcionar enfriamiento por chorro de agua en estructuras o propiedades adyacentes al almacenamiento de líquidos.

La adecuada protección a exposición depende del sistema de protección contra incendio o agencia que pueda proveer una barrera a la transmisión del calor o un método para absorción del calor generado por el fuego. Un Servicio Público de Bomberos normalmente tendrá mangueras de chorro capaces de proporcionar una barrera térmica en forma de cortina de agua; reconociendo esto como una capacidad adecuada. Las plantas de bomberos de mayores dimensiones, generalmente tendrán esta capacidad, pero un amplio suministro de agua y sistemas de mangueras o equipo de bombeo contra incendio será necesario en adición al personal.

Es importante señalar, que el concepto *protección a exposición* como es expresado aquí, se refiere a la propiedad adyacente, no a la propiedad en la cual el líquido es almacenado. Así, por ejemplo, una gran planta o terminal de almacenamiento puede utilizar sus tanques de almacenamiento cercanos a instalaciones vecinas, si éstas tienen protección a exposición, tal como un cuerpo de

bomberos o sistema de protección contra incendio. La gran planta o terminal de almacenamiento puede o no tener una brigada de bomberos propia.

Punto de ebullición. Es la temperatura a la cual un líquido ejerce una presión de vapor de 1.033 kg/cm² abs. (760 mm Hg); es decir, cuando la presión de vapor es igual a la presión atmosférica. En otras palabras; es la temperatura a la cual un líquido ebulle cuando esta bajo una presión total de una atmósfera; conociéndose como punto de ebullición normal.

La definición anterior se aplica a sustancias puras o mezclas de ebullición constante. La mayoría de los líquidos y gases inflamables en el mercado actual son mezclados y no siguen las leyes físicas que gobiernan los materiales puros.

Para los líquidos que tengan un invariable punto de ebullición o para mezclas con puntos de ebullición variable es empleado el 10% del punto de destilación, realizada de acuerdo con la norma ASTM D 86-82 [47].

Para un determinado líquido, el punto de ebullición decrece con la elevación relativa sobre el nivel de mar, dado que la presión atmosférica disminuye con el aumento de la elevación. Por el contrario, el punto de ebullición crece a medida que aumenta la presión. Comparativamente, podemos observar que el agua ebulle a 100°C al nivel de mar, y a 97.78°C a 571 m.s.n.m..

Punto de inflamación. Es la temperatura mínima a la cual un líquido desprende o genera vapor en concentración suficiente para formar una mezcla inflamable con el aire cercano a la superficie del líquido; como es especificado por apropiados métodos de prueba como los siguientes:

- 1) El punto de inflamación de aquellos líquidos que tengan una viscosidad menor de 45 SUS (5.83 cst) a 37.78°C y un punto de inflamación menor de 93.33°C, será determinado de acuerdo a la norma ASTM D 86-82 [46].
- 2) El punto de inflamación de aquellos líquidos que tengan una

- viscosidad mayor o igual que 45 SUS (5.83 cst) a 37.78°C o un punto de inflamación de 93.33°C o mayor, será determinado de acuerdo a la norma ASTM D 93-80 [48].
- 3) Como alternativa se tiene la norma ASTM 3028-81 [51] utilizada para los combustibles de aviación de turbina.
 - 4) Para pinturas, esmaltes, lacas, barnices, productos relativos y sus componentes que tengan puntos de inflamación entre 0°C y 110°C, y que tengan una viscosidad menor de 150 stokes a 25°C, se recomienda la norma ASTM D 3278-82 [49].
 - 5) Como un método alterno a los dos últimos señalados, se tiene la norma ASTM D 3028-79 [50]; también la norma ASTM D 3243-77 para combustibles de aviación de turbina y la norma ASTM D 3278-78 para pinturas, lacas, barnices productos relativos y sus componentes.

Cualquier líquido con un punto de inflamación dentro del rango de la temperatura ambiente normal o menor de ésta, libre de algún calentamiento externo, desarrollará vapores en concentración tal que puede inflamarse por una pequeña fuente de ignición, por ejemplo, una flama piloto o una chispa. Un líquido con un punto de inflamación más alto, necesitará algún calentamiento antes de que sea posible la ignición, presentando de este modo un menor grado de peligro. En el punto de inflamación, la concentración de vapor es justamente la adecuada para ser encendida por una fuente de ignición externa, pero generalmente, no lo suficiente para que la combustión continúe. La combustión sostenida ocurre a una temperatura, por solo unos pocos grados ligeramente más alta, a esta temperatura se le llama de *inflamación o de encendido*.

Cuando los gases o vapores inflamables se mezclan con aire, hay un mínimo de concentración del gas o vapor abajo del cual la propagación de la flama no ocurre cuando entra en contacto con una fuente de ignición. También existe un máximo de concentración sobre el que la propagación no ocurre. Estos son conocidos como los límites superior o inferior de explosión, o también, como mínimo límite inflamable y máximo límite inflamable, respectivamente; y se expresan en términos de porcentaje.

Si una mezcla vapor-aire es menor que el mínimo inflamable, se describe como *demasiado escasa o pobre*, y si está arriba del máximo límite inflamable, es *demasiado rica para arder*.

Cuando la razón vapor-aire se encuentra entre los límites máximo y mínimo inflamables, el incendio y explosión puede ocurrir. Se dice entonces, que la mezcla está dentro de su rango inflamable o explosivo. La probabilidad de que la concentración de vapor-aire se encuentre por encima del límite máximo del rango inflamable o explosivo, no proporciona ninguna garantía, ya que la concentración debe pasar primero dentro de los límites de dicho rango.

Las temperaturas de los puntos de inflamación y ebullición disminuyen a medida que se incrementa la altitud, debido al correspondiente incremento de la volatilidad del líquido. Este incremento en la volatilidad y el consecuente decremento de los puntos de inflamación y ebullición deben ser enfatizados al emplearse líquidos Clase II a grandes altitudes.

Algunos cientos de grados arriba del punto de inflamación se encuentra la temperatura de autoignición. En esta temperatura se inicia la combustión completamente sostenida fuera del alcance de alguna fuente de ignición externa; es decir, de manera espontánea. Es significativa la temperatura de autoignición cuando se manejan líquidos muy calientes o cuando aquel es expuesto a superficies calientes.

Algunos estudios han demostrado que los vapores requieren una duración variable de exposición a superficies calientes [5], antes de que la ignición pueda ocurrir. Es una regla general que las superficies calientes necesitan estar alrededor de los 204°C arriba de la temperatura de autoignición del vapor, para que ocurra la ignición [39].

La determinación del punto de inflamación se ha venido realizando con una variedad de métodos. En un principio, fue

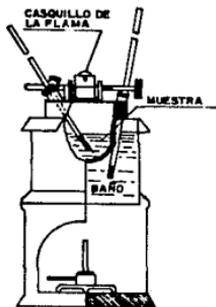
obtenido por calentamiento del líquido en un recipiente pequeño abierto al medio ambiente, siendo el punto de inflamación la mínima temperatura a la cual una pequeña flama cruzaba al otro lado de la superficie del líquido, cuando una pequeña flama de prueba era aplicada. Esta es la llamada *Prueba de inflamación a copa abierta*. Posteriormente, donde daba lugar mayor énfasis la ignición de vapores dentro de recipientes cerrados, tal como la explosión en un tanque, se desarrolló la idea de que la *Prueba a copa cerrada* sería el reflejo más fiel del líquido manejado (Ver figura 1.2).

Los métodos de prueba de copa cerrada aunque habían sido utilizados, no eran ampliamente aceptados hasta 1970. Corrientemente, el NFPA reconoce solo cinco métodos de copa cerrada, listados anteriormente. El más ampliamente aceptado es el ASTM D 56-82 [48]. Los otros cuatro métodos son empleados para propósitos especiales, tales como fluidos de alta viscosidad y fluidos que forman una película sobre la superficie. La experiencia ha demostrado que este método tiene dificultades con los fluidos señalados.

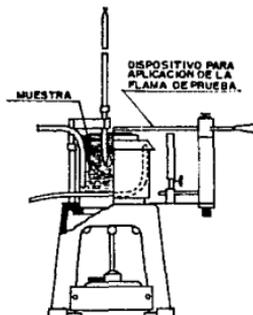
Dentro de las ventajas de la prueba de copa cerrada contra la de copa abierta, se tiene que; los métodos de copa cerrada son más fácilmente empleados; los resultados son más reproducibles; es decir, mediciones de diferentes laboratorios producirán resultados iguales; y los probadores de copa cerrada proporcionan buenos resultados para cualquier rango del punto de inflamación de los diferentes líquidos.

Reacciones peligrosas de productos químicos. Aquellas reacciones que producen peligro más allá de los problemas de incendio relativos al punto de inflamación y ebullición de los reactivos o productos químicos. Estos peligros pueden incluir, pero no están limitados a: efectos tóxicos, reacción rápida como la detonación, reacción exotérmica o producción de material reactivo o inestable.

Recipiente o envase cerrado. Aquel recipiente cerrado por



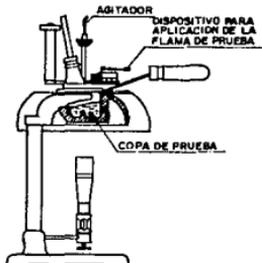
COPA CERRADA DE LAMPA
ASTM D-50



COPA ABIERTA DE LAMINA
ASTM D-1510



COPA ABIERTA CLEVELAND
ASTM D-52



COPA CERRADA PENSKY-MARTENS
ASTM D-93

Figura 1.2 Se muestran los cuatro tipos de probadores más comunes para la determinación de los puntos de inflamación de los líquidos combustibles e inflamables. El líquido a probar es ligeramente calentado, y a intervalos periódicos de tiempo una flama de prueba es aplicada al espacio de vapor. El punto de inflamación es la temperatura a la cual un destello de flama es generada cuando la flama de prueba es aplicada. El procedimiento de la prueba en detalle para cada tipo de aparato son indicados en las normas aplicables del ASTM o por el fabricante.

medio de una tapa u otro dispositivo que no permita escapar ningún líquido o vapor a temperatura ordinaria; no se debe permitir que tenga dispositivos de ventilación fija o automática o sea operado a presión.

Recipiente a presión. Aquel recipiente encendido o apagado dentro del alcance aplicable del Código ASME [53].

Refinería. Aquella planta en la cual los líquidos combustibles e inflamables son producidos a escala comercial a partir del petróleo crudo, gas natural u otra fuente de hidrocarburos.

Sistemas de procesamiento de vapor. Un sistema diseñado para captar y procesar vapores desplazados durante operaciones de llenado en estaciones de servicio, grandes plantas o terminales; para el uso de medios mecánicos y/o químicos. Por ejemplo, los sistemas auxiliares utilizando un soplador para la captación de vapores, y sistemas de refrigeración, absorción y combustión para el procesamiento de vapores.

Este procesamiento de vapores puede incluir la combustión de los vapores o su condensación al estado líquido.

Sistemas de recuperación de vapor. Aquel sistema diseñado para capturar y retener, sin el procesamiento, los vapores desplazados durante las operaciones de llenado en las estaciones de servicio, grandes plantas o terminales. Un ejemplo de estos son los sistemas de desplazamiento de vapor de presión balanceada y sistemas auxiliares de vacío sin el procesamiento del vapor.

Sobre-Ebullición (Boil-Over). Es un evento en el incendio de ciertos aceites, en tanques de techo abierto cuando, después de un largo período de combustión pasiva, existe un súbito incremento en la intensidad del incendio asociado con expulsión de aceite encendido del tanque. Esta sobre-ebullición ocurre cuando los residuos de la superficie encendida llegan a ser más densos que el aceite no inflamado, descendiendo éstos progresivamente en forma de capa o estrato caliente llamada una *onda caliente*, que al ponerse

en contacto con el agua o emulsion agua-aceite en el fondo del tanque, la sobrecalienta y consecuentemente la hace ebullicir de manera casi explosiva, provocando derrame del líquido. Los aceites sujetos a este tipo de evento, están formados por componentes que tienen un amplio rango del punto de ebullición, incluyendo líquidos ligeros procesados y residuos viscosos. Estas características están presentes en la mayoría de los petróleos crudos y pueden ser producidas en mezclas sintéticas (Ver figura 2.3).

Sótano. Un almacén de un edificio o estructura, que tenga la mitad o más de su altura abajo del nivel del piso o terreno, cuyo acceso para propósito de combate contra incendio es inadecuadamente obstruido.

Tanque atmosférico. Un tanque de almacenamiento que ha sido diseñado para operar a presión atmosférica directa de 0.035 kg/cm^2 man. (760 a 780 mm Hg) (0.5 psig) medida en el nivel máximo del tanque.

Tanque de baja presión. Es aquel tanque de almacenamiento diseñado para resistir una presión interna arriba de 0.035 kg/cm^2 man. (0.5 psig), pero no mayor de 1.055 kg/cm^2 man. (15 psig), medida en la superficie libre del líquido del tanque.

Tanque portátil. Cualquier recipiente portátil cerrado que tenga una capacidad líquida superior a 227 litros (60 galones U.S.) y no destinada a instalación fija.

Terminal de almacenamiento. Aquella porción de una propiedad donde los líquidos son recibidos por líneas de conducción, buque-tanque, carros-tanque, autos-tanque y son almacenados o mezclados en volumen para propósitos de distribución como líquidos por líneas de conducción, carros-tanque, autos-tanque, tanque portátil o contenedor.

Unidad de operación o unidad de proceso. Un segmento de un proceso químico o físico que puede o no ser integrado con otros

segmentos para formar la secuencia de fabricación.

Unidad de operación o unidad de proceso (Recipiente). El equipo en el cual una unidad de operación o proceso es conducido.

Uso o almacenamiento de líquido incidental. Al uso o almacenamiento como una actividad subordinada a la cual se estableció la ocupación o clasificación de una área.

Uso educativo. Al uso de un edificio o estructura o alguna parte de ella para personas reunidas con el propósito de aprendizaje o de recibir instrucción educativa.

Ventilación. Es aquella requerida para la prevención de incendio y explosión. Se considera adecuada si es suficiente para evitar la acumulación de cantidades significativas de mezcla vapor-aire, en concentración arriba de 1-a-4 del mínimo límite inflamable.

Viento. Al desplazamiento de una masa de aire se le conoce con el nombre de viento, y se producen por las diferencias de temperatura de esas masas.

Viento Dominante. Es el punto cardinal donde el viento es más intenso (en velocidad).

Viento Reinante. Es el punto cardinal donde el viento es más frecuente.

CAPITULO DOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

En este capítulo se tratarán aspectos relativos tanto para tanques atmosféricos, como para los de baja presión y a presión; sin embargo, se dará un mayor énfasis en el estudio de los primeros.

2.1 ASPECTOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LOS TANQUES

MATERIALES:

Los tanques para almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables deben ser diseñados de acuerdo con normas de ingeniería reconocidas, para el material de construcción empleado; Y éste podrá ser, acero o material no combustible aprobado, de acuerdo a las normas NFPA, con las limitaciones y excepciones siguientes:

- 1) El material de construcción del tanque será compatible con el líquido por almacenar. Si se duda o desconocen las propiedades de éste, el proveedor o productor, u otra autoridad competente deberá ser consultada.
- 2) Los tanques construidos con materiales combustibles (por ejemplo: materiales plásticos, fibra de vidrio, etc.), estarán sujetos a la aprobación de la autoridad competente que tenga jurisdicción, y estará limitado para:
 - a) Instalaciones subterráneas, o
 - b) Donde se requiera por las propiedades del líquido por almacenar, o
 - c) Almacenamientos superficiales para líquidos Clase IIIB en áreas no expuestas a derrames o fugas de líquidos Clase I o Clase II, o
 - d) Almacenamiento de líquido Clase IIIB dentro de un edificio protegido por un sistema automático de extinción de incendios.

3) Los tanques de concreto sin revestimiento pueden ser utilizados para almacenamiento de líquidos que tengan una gravedad específica de 40 grados API o más pesados.

Los tanques de concreto con revestimiento especial pueden ser empleados para otros servicios, con la condición de que el diseño sea de acuerdo con la práctica ingenieril.

La denominación *40 grados API* es una medida del peso específico del líquido. A través de la larga costumbre, el peso específico de productos del petróleo ha sido designada en términos de grados API, medido con un hidrómetro calibrado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Grados API} = \frac{141.5}{D_r} - 131.5 \quad (2.1.1)$$

Siendo: D_r la densidad relativa del líquido.

El rango de gravedades API para productos del petróleo varía desde aproximadamente 10°, para aceites lubricantes pesados; hasta 80° o más, para gasolinas ligeras. Un bajo número indica una mayor densidad, mayor viscosidad y menor volatilidad del fluido. Para tener una idea, el grado normal para la gasolina de motor tiene un rango de gravedad API de 55° a 85°.

El líquido de 40° API corresponde aproximadamente al keroseno o aceite destilado ligero de estufa. Tales líquidos tienen un punto de inflamación de alrededor de 54.5°C. Que en caso de una fuga menor de un líquido de este grado, de un tanque no revestido, no generará un peligro de ignición; permitiéndose este tipo de tanques.

4) Los materiales para recubrimiento de tanques pueden ser tanto combustibles como incombustibles.

Los tanques comunmente son revestidos con materiales plásticos para proporcionar protección contra fugas menores, tal como las resinas aplicadas por pulverización. No importa que el material sea o no combustible, pues la cantidad es pequeña y no contribuirá al peligro de incendio. Ese recubrimiento, lo mismo que el aislamiento eléctrico, no incrementarán el riesgo de ignición por electricidad estática [16].

Con base a lo anterior, es permisible la reparación de tanques que han desarrollado fugas menores; con aplicación por el interior de la pared del tanque, de un recubrimiento de resina epóxica [5].

Se recomienda que en los sistemas de almacenamiento subterráneo no deben ser permitidas las reparaciones, en muchos casos, o deben realizarse con un control más rígido. Al menos se espera que, en la vida útil del tanque, la reparación sea permitida una sola vez.

- 5) Especiales condiciones ingenieriles pueden ser necesarias si el peso específico del líquido por almacenar excede al del agua; o si el tanque será diseñado para contener líquidos con una temperatura menor a -17.8°C [5][36].

FABRICACION:

Los tanques pueden tener cualquier forma o tipo consistente, basado sobre un diseño firme de ingeniería. Estas bases de diseño pueden proporcionar un tanque aceptable estructuralmente de cualquier forma o figura; sin embargo, como un método práctico y económico en fabricación, el material empleado y la presión de operación limitan la forma del tanque a una de las siguientes:

- a) Tanques cilíndricos verticales con fondo plano o aproximadamente plano o cónico; de techo de domo fijo, o abierto con techo flotante.
- b) Tanques cilíndricos horizontales con extremos planos o en domo.

c) Tanques esféricos o toroidales.

En todos los casos, la cimentación y estructura de sustentación deberá ser contemplada como parte integral en el diseño.

Los tanques metálicos deberán ser soldados, remachados, calafateados, o contruidos por una combinación de estos métodos; y además, ser herméticos a líquidos al nivel máximo de llenado.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO SUPERFICIALES

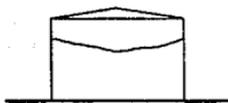
Los tanques pueden ser instalados sobre el terreno (superficiales), bajo el terreno (subterráneos); o bajo ciertas condiciones, en el interior de los edificios.

Los tanques de almacenamiento existen en una gran variedad de diseños; aunque ellos pueden ser divididos dentro de tres categorías generales de presión de diseño; ver Tabla 2.1.

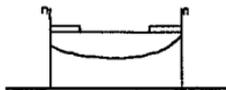
TABLA 2.1 CLASIFICACION GENERAL DE TANQUES
DE ALMACENAMIENTO

TANQUES DE ALMACENAMIENTO	PRESION DE DISEÑO (psig)
ATMOSFERICOS	0 a 0.5
DE BAJA PRESION	0.5 a 15
A PRESION	MAYOR DE 15

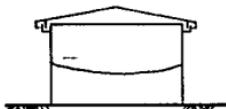
Algunos de muchos tipos comunes de tanques de almacenamiento son mostrados en las figuras 2.1 y 2.2. Los tanques a presión y los recipientes a presión normalmente son utilizados para propósitos de conservación de vapor, particularmente para líquidos con presiones de vapor alta.



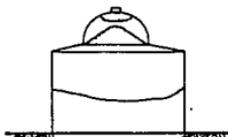
Tanque ordinario de techo cónico



Tanque de techo flotante



Tanque de techo elevable



Tanque con techo de domo para vapor

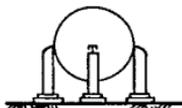
Fig 21 Tanques de almacenamiento atmosféricos típicos



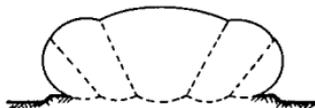
Tanque horizontal



Esferoide



Tanque esférico



Esferoide nodular

Figura 2.2 Tanques de baja presión o recipientes a presión típicos

TANQUES ATMOSFERICOS:

El término *tanques atmosféricos* es definido en el capítulo anterior, como un tanque operando a presión atmosférica hasta 0.5 psig (0.035kg/cm²man). Para tanques atmosféricos de grandes dimensiones; la máxima presión de operación permisible será algo menor de 0.5 psig, pues no es conveniente que el plato soldado del techo esté continuamente esforzado por la presión. Una máxima presión de operación de casi una pulgada de columna de agua, es aceptable para este tipo de tanques.

Los tanques atmosféricos, incluyendo aquellos que incorporan un recipiente secundario (doble recipiente), deberán ser diseñados de acuerdo a normas de diseño reconocidas o equivalentes aprobadas. Los tanques atmosféricos serán construidos, instalados y utilizados dentro del alcance de su aprobación o alguna de las siguientes:

- 1) Normas: 2.341.01-1979 PEMEX, 2.341.02-1973 PEMEX, 3.341.01-1979 PEMEX. [50][61][64].
- 2) Normas: UL142-1981, UL58-1986 y UL80-1980. [57][55][56].
- 3) Norma : API 650, 6a Ed.1980. [36].
- 4) Especificaciones: API 12B, 12a Ed.-Junio 1977; 12D, 6a Ed.-Junio 1982; o 12F, 7a Ed.-Junio 1982. [32][33][34].
- 5) Norma : ASTM D4021-81. [52].
- 6) Norma : UL 1318-83. [58].

La amplia variedad de normas proporcionan una gran flexibilidad en el diseño y procedimientos de instalación de los tanques. Tal flexibilidad da mayores beneficios al usuario, de los Códigos para protección ambiental; recibiendo una mayor atención, especialmente, para sistemas de almacenamiento subterráneo.

Es reconocido el hecho de que los tanques atornillados o remachados, permitidos para almacenamiento de petróleo crudo dentro de áreas de producción [5], son comunmente pequeños. Debido a que un pozo de petróleo tiene una vida útil corta; así, consecuentemente, la necesidad de los tanques puede ser temporal.

Un tanque atornillado es fácilmente desmontado e instalado en una nueva ubicación. Sin embargo, son vulnerables al fuego, debido al daño posible de las uniones; mas las ventajas compensan ese defecto.

Son aceptados los tanques de baja presión y recipientes a presión para ser utilizados como tanques atmosféricos; Lo que significa que, un tanque diseñado a presión puede ser empleado para un servicio de menor demanda. Aunque, los requisitos más rigurosos de espaciamento especificados para tanques a presión no deben ser hechos a un lado, a menos que el sistema de ventilación de emergencia tenga la capacidad requerida a presión atmosférica.

Es importante señalar que, los tanques atmosféricos no deben ser utilizados para almacenamiento de líquidos en o arriba de sus puntos de ebullición. Dado que éstos con un punto de ebullición menor que la temperatura atmosférica reinante, estarán continuamente expuestos a ebullicir, si son almacenados en un tanque atmosférico, involucrando una pérdida considerable del producto y un gran incremento del riesgo de ignición. Dentro de la interpretación de este párrafo, los puntos de ebullición de los líquidos atmosféricos serán determinados a la ubicación del tanque, no al nivel del mar. Por ejemplo, el punto de ebullición de un líquido a una altitud de 3050 m.s.n.m. puede llegar a ser tanto como 11°C más bajo, que estando éste mismo al nivel del mar. Como un método práctico, se recomienda que los líquidos a una temperatura próxima a sus puntos de ebullición, sean almacenados en recipientes a presión; sencillamente, para evitar riesgos y pérdida del producto.

TANQUES A BAJA PRESION

La presión normal de operación del tanque no deberá exceder a su presión de diseño.

Los tanques de baja presión deberán construirse de acuerdo con normas de diseño reconocidas, como las siguientes:

1) Norma: API 620, 5a Ed. 1982. [35].

2) El Código ASME para calderas y recipientes a presión, Ed. 1983. [53].

Los tanques construidos de acuerdo a las especificaciones UL142-1981, UL58-1986, UL80-1980 y UL1316-83 pueden ser utilizados para presiones de operación que no excedan de 1 psig y se limitarán a 2.5 psig bajo condiciones de ventilación de emergencia.

Los tanques construidos en planta, bajo las especificaciones UL142, son probados contra fugas antes de embarcarlos como unidades completamente ensambladas. Aunque, los tanques horizontales que son probados a una presión de 5 a 7 psig, están limitados a servir a 1.0 psig como máxima presión de operación interna y a 2.5 psig bajo condiciones de ventilación de emergencia. Estas restricciones reconocen que la falla de un tanque horizontal estará invariablemente acompañada por la liberación de su contenido.

Los tanques verticales solo requieren ser probados a una presión que exceda a 1.5 psig; sin embargo, estarán sujetos también a liberación del líquido bajo su falla; de la misma forma se aplican así las restricciones de servicio. Existe una excepción: los tanques verticales construidos con las especificaciones UL142 y etiquetado *Construido con una junta frágil de diseño cuerpo-a-techo* no son expectativos a fallar de igual manera como la liberación de su contenido. Se considera que las juntas frágiles fallarán bajo la sobre-presión y solo liberarán vapores.

El término aquí señalado como *condiciones de ventilación de emergencia* no es definido en el capítulo uno; Y se emplea para describir una situación donde un tanque es completamente expuesto a la flama, provocando calentamiento y ebullición de sus contenidos. La ventilación NORMAL es basada unicamente en el llenado y vaciado del líquido, y cambios de presión y temperatura atmosférica que sufren los contenidos del tanque.

Debido a las consecuencias de exposición al fuego, que pueden tener un efecto substancial sobre el espaciamiento permisible y ubicación de los tanques, como se indicará más adelante, es necesario detallar sus efectos antes de comentar sobre requerimientos específicos. El contacto de las llamas sobre los tanques llegan a calentar el contenido produciendo ebullición, con posible daño de los soportes del tanque. Los efectos de la ebullición pueden ser aminorados por diseño y por adición de válvulas de alivio. Los soportes para tanques elevados deben ser recubiertos para prevenir una falla por dilatación, o construidos de materiales resistentes al fuego.

El contacto de la flama sobre las partes secas del cuerpo de un tanque de acero, puede calentarla al punto de perder gran parte de su capacidad estructural. Para un tanque vertical, este calentamiento produciría una distorsión de la cubierta del cuerpo, pero el colapso del tanque y la fuga de su contenido no es probable. El calentamiento de la cubierta del cuerpo de un tanque horizontal; sin embargo, es probable que resulte en una falla estructural con liberación del contenido.

Para un tanque a presión, el resultado del calentamiento de la parte seca del cuerpo puede ser seria. Tales tanques comunmente almacenan líquidos con puntos de ebullición menores que la temperatura atmosférica, y por lo cual, sus válvulas de alivio son puestas para mantener la presión resultante más alta. Cuando sea calentado suficientemente, el cuerpo perderá resistencia y es probable que se desgarre, ampliándose bajo el nivel del líquido. Este desgarre puede extenderse completamente alrededor del tanque horizontal; tanto como para separar la tapa o las tapas laterales; liberando el contenido; provocando la fragmentación de manera casi violenta como un BLEVE (Boiling Liquid-Expanding Vapor Explosion), definida como una falla catastrófica de un recipiente en dos o más piezas; debido a que el líquido contenido se encuentra a una temperatura mayor a la de su punto de ebullición a la presión atmosférica normal. Los clásicos casos de BLEVE's se han referido a carros tanque de gases licuados de petróleo, pero el fenómeno es aplicado tanto a líquidos.

Los Recipientes a Presión pueden ser utilizados como tanques de baja presión.

RECIPIENTES A PRESION

La presión normal de operación del recipiente a presión no deberá exceder a su presión de diseño.

Los tanques de almacenamiento diseñados para resistir una presión superior de 15 psig, deberán cumplir los siguientes requerimientos:

Todos los recipientes nuevos a presión conteniendo líquidos deberán cumplir con lo aplicable del párrafo siguiente:

Los recipientes a presión encendidos deberán ser diseñados y construidos de acuerdo con la Sección I (Calderas) o Sección VIII, División 1 o División 2 (Recipientes a Presión); de acuerdo a lo aplicable del Código ASME 1983 [53].

Los recipientes a presión no encendidos deberán ser diseñados y construidos de acuerdo con la sección VIII, División 1 o División 2; de acuerdo a lo aplicable del código ASME 1983 [53].

Se considera como recipiente a presión encendido, aquel en el cual, el calor es aplicado por contacto directo de la flama. Y son en su mayor parte, utilizados para contener reacciones químicas exotérmicas; tal como el cracking de petróleos pesados, para obtener productos ligeros, como la gasolina. Siendo necesario un recipiente a presión, generada por el vapor, debido a la aplicación de calor.

Un recipiente a presión no encendido es aquel que es o no calentado por vapor u otros medios que no involucren el contacto directo de la flama. Estos son más frecuentemente utilizados para contener gases licuados; sistemas de reacción que pueden requerir algo de calor para iniciar la reacción; o vapores altamente tóxicos.

Ambos tipos de recipientes a presión pueden ser utilizados para el almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables, si es deseado o requerido por condiciones de proceso o características del líquido.

PREVISIONES PARA LA CORROSION

Cuando no sean diseñados los tanques de acuerdo a las especificaciones de PEMEX, ASME, UL Inc., o si la corrosión es anticipada que condiciona en el uso de fórmulas de diseño, la adición de un espesor de metal o revestimiento de protección apropiadas; deberán ser previstas para compensar por la pérdida por corrosión esperada durante la vida de diseño del tanque. La apropiada selección del recubrimiento de protección dependerá de la naturaleza del líquido por almacenar.

2.2 LOCALIZACION E INSTALACION DE TANQUES SUPERFICIALES EN EXTERIORES

Los requisitos de esta sección están dirigidos para asegurar la correcta ubicación de los tanques, de tal manera, que no pongan en peligro estructuras de otras propiedades.

En los primeros días cuando los tanques eran de techo de material combustible soportados de madera, era común la expansión del incendio de un tanque a otro. Así, las prescripciones previenen que los tanques estén ampliamente espaciados uno de otro y de otras instalaciones.

Con el advenimiento del techo de acero, este riesgo decreció significativamente. La experiencia indica [5], que no habiéndose generado la expansión del incendio a tierra, un tanque podría inflamarse fuera de la vecindad peligrosa de tanques o propiedades colindantes. Por lo cual, la distancia entre tanques adyacentes, y entre estos y líneas de propiedad o estructuras adyacentes, permanece como criterio principal de planeación. En lugar de basar el espaciamiento sobre una distancia seleccionada arbitrariamente,

ahora se considera más práctico y realista tomar una fracción del diámetro del tanque. Las Tablas 2.2 a 2.5 amplían este concepto; mientras que las tablas 2.6 y 2.7, determinan el espaciamiento en función de la capacidad del tanque.

LOCALIZACION CON RELACION A LINEAS DE PROPIEDAD, VIAS PUBLICAS Y EDIFICIOS IMPORTANTES DENTRO DE LA MISMA PROPIEDAD

Todos los tanques superficiales para el almacenamiento de líquidos Clase I, II y IIIA (excepto lo indicado más adelante) y aquellos líquidos con características de sobre-ebullición (boil-over) y líquidos inestables, operando a presiones que no excedan de 2.5 psig y diseñados con una junta frágil cuerpo a techo, o equipado con dispositivos de ventilación de emergencia que no permitirán presiones excedentes de 2.5 psig, deberán ser localizados de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.2. Donde el espaciamiento de los tanques es contingente sobre un diseño de costura delgada cuerpo-a-techo, el constructor presentará evidencia certificando tal construcción a la autoridad competente que tenga jurisdicción, como requisito.

Las Tablas 2.2 a 2.5 se basan en las características del líquido, tipo de tanque, protección prevista del tanque y protección proporcionada a exposición. Estas tablas reconocen que puede ser difícil o imposible extinguir un tanque encendido. Por lo cual, el esfuerzo estará dirigido a la protección de los edificios adyacentes y propiedades vecinas. La protección de incendio por exposición no deberá ser confundida con los sistemas de supresión de incendio y equipo utilizado para sofocar un tanque. También reconocen, que existe una pequeña posibilidad de extinguir un incendio de un tanque de más de 45 m (150 ft) de diámetro. El equipo instalado para supresión de incendio, determinan el tiempo que es frecuentemente requerido, durante el cual los tanques expuestos o las estructuras necesitarán estar protegidas del calor radiado para prevenir la expansión del incendio.

TERMINOS IMPORTANTES

Sobre-Ebullición (Boil-Over). El almacenamiento en tanques de líquidos con características de sobre-ebullición, están sujetos al estricto requerimiento de espacio indicado en la Tabla 2.4. Aunque, el término aquí señalado es definido en el capítulo anterior, se explicarán con mayor detalle algunos aspectos.

Cualquier líquido ebullicirá si es calentado suficientemente. Dentro de un tanque abierto encendido, la superficie del líquido recibe energía radiante de las llamas y ésta energía sostendrá la ebullición. Para muchos líquidos, una explosión se manifiesta como segura condición y resulta inflamándose hasta que éste es consumido. En un tanque, la ebullición puede producir un ascenso del nivel del líquido debido a la generación de burbujas. Así, un tanque completamente lleho, puede derramarse. Esto, sin embargo, no es sobre-ebullición. Para tener ésta característica, un líquido debe tener un amplio rango del punto de ebullición, incluyendo una proporción substancial de componentes volátiles y una viscosidad altamente remanente. El líquido debe tener, también, al menos una pequeña cantidad de emulsión agua-aceite. Esta combinación es más común en petróleos crudos, y rara vez en otros productos derivados. Cuando un tanque de techo abierto de petróleo crudo es envuelto en un incendio, la secuencia de eventos siguientes ocurren. Cuando inicia el incendio, la capa superficial es agotada de sus componentes volátiles, llegando a calentarse aún más y volviéndose más denso que la mezcla original, comenzando a descender de la superficie para ser reemplazado por combustible fresco no calentado. Una capa de petróleo muy caliente (93°C o más) gradualmente se va hundiendo, trasplantándose hacia abajo en el contenido del tanque. Cuando esta capa alcanza un estrato previamente establecida de emulsión próxima al piso del tanque, las gotas de agua de la emulsión se sobrecalentarán a una temperatura bastante mayor a la del punto de ebullición, a la presión prevaeciente (Presión atmosférica más líquido calentado). El proceso de ebullición con violencia explosiva, produce la expulsión de hasta la mitad del contenido del tanque, y una súbita expansión

del petróleo encendido sobre una amplia área, como si fuera generada por una granada de mano lanzada a la superficie del líquido. Esta es una sobre-ebullición, y es la razón para las restricciones que serán señaladas en esta sección y en la Tabla 2.4. La figura 2.3 ilustra los aspectos esenciales de esta característica.

Dispositivos de ventilación de emergencia. La ventilación de emergencia es cubierta en una sección en particular del capítulo siguiente, pero cabe adelantar algunos puntos. La palabra emergencia significa algo no común o más allá de las condiciones de operación normal; tal como la exposición de un tanque al fuego circundante. Rara vez el fuego es originado en los tanques, y cuando esto ocurre, la emergencia surge cuando el líquido es derramado del tanque o los soportes de la tubería son encendidos, provocando lo que se conoce como un incendio de piso o un derrame incendiado. Los contenidos de los tanques expuestos a un cierto incendio están sujetos a ebullicir; produciendo vapor en exceso, que el que puede ser generado en condiciones normales.

La ventilación de alivio de emergencia es requerida para desalojar este excedente de vapor desarrollado. Una costura delgada cuerpo a techo es un mecanismo aceptable. El objetivo de este tipo de construcción es para garantizar que un tanque vertical falle por este camino y evitar que el líquido escape; ver figura 2.4.

Presión de operación. La Tabla 2.2 será aplicada para tanques con presión de operación hasta de 2.5 psig, con la condición de que sean equipados con ventilación de emergencia de capacidad suficiente para prevenir presiones que asciendan arriba de este valor. Los tanques con presiones de operación excedente de 2.5 psig están contemplados en la Tabla 2.3. La razón de este incremento substancial de espaciamento requerido en la tabla señalada, es de que un tanque a mayor presión es más probable que falle violentamente.

Para los propósitos de la sección 2.2, un tanque de techo

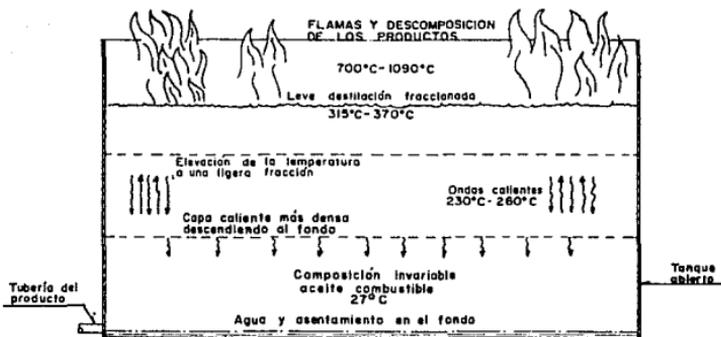


Figura 2.3 Proceso de Sobre-Ebullición (Boil-Over) en un tanque de aceite combustible encendido.

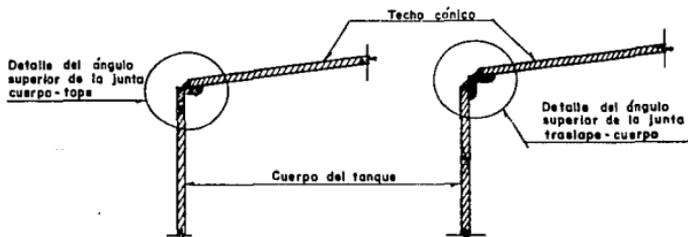


Figura 2.4 En una emergencia de incendio, el diseño de una junta delgada cuerpo-techo permite que este último desgarre libremente del cuerpo antes de fallar a alguna otra junta. Este tipo de construcción es aceptable para alivio de presiones internas excesivas causadas por exposición a incendio.

flotante es definido como aquel que incorpora lo siguiente:

- 1) Un pontón o doble cubierta metálica de techo flotante en un tanque de techo abierto de acuerdo a la norma API 650, o
- 2) Un techo metálico fijo con ventilación en la tapa y el alero del techo, de acuerdo a la norma API 650, y conteniendo un techo flotante metálico o tapa de acuerdo a los requerimientos siguientes:

- a) Un pontón o doble cubierta metálica de techo flotante cumpliendo los requerimientos de la norma API 650.
- b) Una cubierta metálica flotante soportada por dispositivos metálicos flotantes herméticos a líquidos, que proporcione suficiente flotación para prevenir que la superficie del líquido esté siendo expuesta cuando la mitad de la flotación es perdida.

La experiencia ha demostrado [5], que los tanques de techo flotante, como son descritos en el párrafo anterior, no es probable que sean envueltos en incendios de peligro. Muchos incendios de este tipo solo se han generado en la junta frágil y son extinguidos fácilmente por lo general [5]. Si el tanque es del tipo techo abierto, el equipo de extinción manual puede ser adecuado. En estos casos, donde un techo flotante está hundido, produciendo algo similar a un tanque de techo abierto encendido, la sobre-ebullición aparentemente ha ocurrido una sola vez, en la línea de conducción de Trieste, Italia, en los primeros años de la década de 1970. En este incidente, dos tanques de petróleo crudo de 153 m de diámetro fueron incendiados con cargas explosivas efectuadas por un grupo de terroristas. La sobre-ebullición en los techos flotantes hundidos ocurrió después de aproximadamente doce horas. En muchos casos así, se piensa que el hundimiento del techo presentará una barrera al descenso progresivo de las capas del aceite calentado, evitando una sobre-ebullición. Por esta razón, los tanques de techo flotante son tratados especialmente en la Tabla 2.4.

El requisito de flotación es un tanto estricto en el sentido

de que la cubierta no debe inclinarse de ninguna manera que resulte una exposición de la superficie del líquido. Actualmente, es reconocido que la cubierta se inclina y expone la superficie completa del líquido, en tal grado que provoca un riesgo de incendio.

Una cubierta interna metálica flotante, el techo, o cubierta que no cumpla los requerimientos de la norma API 650, o aquel que utiliza plástico espuma (excepto para juntas) para flotación, o aún cuando sea encapsulado en metal o fibra de vidrio, serán considerados como un tanque de techo fijo; pues, la cubierta de los techos de metal son propensos a hundirse y porque el plástico espuma y los dispositivos similares de flotación no serán capaces de resistir las condiciones de exposición de incendio.

Los tanques verticales con junta delgada cuerpo-a-techo y que almacenen líquidos Clase IIIA pueden ser localizados a la mitad de la distancia especificada en la Tabla 2.2; con la condición, de que los tanques no queden dentro del área de un dique o la trayectoria del drenaje de un tanque almacenando líquidos Clase I o II. Esta relajación de los requisitos de espaciamiento de la Tabla 2.2 reconoce, que los líquidos Clase IIIA no pueden producir una mezcla inflamable en el espacio de vapor a temperatura ordinaria; aunado con el hecho de que un buen mantenimiento del tanque con junta delgada cuerpo-a-techo, en la ausencia de daños mecánicos o un sismo extremadamente violento, no fallará de forma tal para derramar sus contenidos.

Todos los tanques superficiales para almacenamiento de líquidos Clase I, Clase II o Clase IIIA; operando a presiones excedentes de 2.5 psig o equipados con ventilación de emergencia, que permitirá presiones excedentes a 2.5 psig; excepto para aquellos con características de sobre-ebullición, y líquidos inestables; serán localizados de acuerdo a la Tabla 2.3.

Todos los tanques superficiales para almacenamiento de líquidos con características de sobre-ebullición, deberán ser

localizados de acuerdo a la Tabla 2.4. Y no deberán ser almacenados éstos en tanques de techo fijo mayores de 45.7 m (150 ft.) de diámetro, a menos que un sistema inerte aprobado sea proporcionado en el tanque. El sistema inerte no prevendrá una sobre-ebullición, pero reducirá significativamente la probabilidad de ignición para prevención de una mezcla ignicible, formada en el espacio de vapor durante todas las fases de operación. La norma NFPA 69 [14] define un sistema inerte como la técnica por la cual una mezcla combustible es convertida en no-combustible por adición de un gas inerte.

El proceso de inerción en un recipiente cerrado o aproximadamente cerrado, requiere que la concentración de oxígeno en el espacio de vapor sea mantenida a niveles más bajos (usualmente abajo de 11 o 12%O₂), de tal forma que la combustión no se inicie. Este requisito adicional de gas inerte a la velocidad del flujo específico depende de la máxima concentración de oxígeno permitida por el contenido y tamaño del tanque [5][14].

Un gas inerte recomendable no tiene que ser inerte efectivo químicamente, solo incapaz de apoyar la combustión, sin reaccionar con los contenidos del tanque y ser compatible con los materiales de construcción de éste. El Nitrógeno, Dióxido de Carbono y Chimeneas de gas conteniendo menos del 10% de oxígeno son comúnmente empleados. El Helio y el Argón son bastante efectivos, pero comúnmente también, caros, excepto para aplicaciones especiales. El vapor es rara vez empleado, pues, ello requiere que el sistema de protección esté continuamente caliente sobre los 70°C, y esto no es comúnmente práctico. Un sistema inerte requiere de manera continua una fuente dependiente de gas inerte y un complejo sistema de control. Estos sistemas deberán diseñarse, instalarse, probarse y mantenerse solo por personal calificado [5][14]. Deberá hacerse notar, que en campos de producción y en algunas operaciones de refinación, el gas combustible es ocasionalmente utilizado para tanque inertes que contienen líquidos sin características de sobre-ebullición.

Todos los tanques superficiales para almacenamiento de líquidos inestables deberán ser localizados de acuerdo a la Tabla 2.5. El requisito de espaciamiento indicado admite que este tipo de tanques son incapaces de contener la reacción violenta, causada por calentamiento bajo condiciones de incendio; señalando un mayor espaciamiento, que para aquellos que almacenen líquidos estables.

Los tanques superficiales para almacenamiento de líquidos Clase IIIB, excepto líquidos inestables, deberán ser localizados de acuerdo a la Tabla 2.6, excepto cuando sean localizados dentro de un dique o la trayectoria del drenaje de tanques almacenando un líquido Clase I o Clase II. Siendo necesario la aplicación de requisitos respectivos.

Los líquidos Clase IIIB son considerados al menos inmunes de incendio accidental; por sus altos puntos de inflamación y extremadamente baja presión de vapor. Así, las distancias requeridas para los tanques a líneas de propiedad son mínimas. Sin embargo, si un tanque contiene líquido Clase IIIB y está ubicado en la trayectoria del drenaje de un líquido Clase I o Clase II, o en la misma área del dique, entonces este tanque será expuesto a una fuga incendiaria.

La Tabla 2.2 es basada en restricciones indicadas en los precedentes párrafos (5). Esto es fácilmente comprensible por la primera consideración del encabezado de la cuarta columna, notada como un progreso posterior en la Tabla, siendo el espacio requerido progresivamente mayor.

ASPECTOS INTERPRETATIVOS DE LAS TABLAS 2.2 A LA 2.7

Tipo de tanque

Techo flotante. La primera clasificación en la Tabla 2.2 se refiere a los tanques de techo flotante. La experiencia ha enseñado (5) que no es probable que los tanques de techo abierto con techo flotante tengan la superficie total del líquido envuelto en fuego,

TABLA 2.2 ESPACIAMIENTO LIQUIDOS ESTABLES
(Presión de operación 2.5 psig o menor)

Tipo de Tanque	Protección	Distancia mínima, en m, desde la línea de propiedad que es o puede ser construida, incluyendo el lado opuesto de una vía pública, y no deberá ser menor de 1.50 m.	Distancia mínima, en m, desde el lado más cercano de alguna vía pública o desde el edificio importante más cercano sobre la misma propiedad, y no deberá ser menor de 1.50 m.
Techo Flotante	Protección a exposiciones	0.5 el diámetro del tanque	0.187 el diámetro del tanque
	Ninguna	1.0 el diámetro del tanque pero no mayor a 52.50	0.187 el diámetro del tanque
Vertical con junta delgada cuerpo a techo	Sistema aprobado de espuma o de inerción dentro del tanque no excediendo de 45.00 m de diámetro ¹	0.5 el diámetro del tanque	0.187 el diámetro del tanque
	Protección a exposiciones	1.0 el diámetro del tanque	0.333 el diámetro del tanque
	Ninguna	2.0 diámetros del tanque pero no mayor que 105.00	0.333 el diámetro del tanque
Vertical y Horizontal con ventilación de alivio de emergencia para limitar la presión a 2.5 psig	Sistema aprobado de inerción dentro del tanque o sistema aprobado de espuma dentro de tanques verticales	0.5 veces Tabla 2.7	0.5 veces Tabla 2.7
	Protección a exposiciones	Tabla 2.7	Tabla 2.7
	Ninguna	2.0 veces Tabla 2.7	Tabla 2.7

¹ PARA TANQUES MAYORES DE 45.00 m DE DIÁMETRO, USE "PROTECCION A EXPOSICIONES" O "NINGUNA", COMO SEA APLICABLE.

pues el único lugar donde existe una mezcla ignicible es en el espacio reducido sobre la superficie del líquido, dentro del espacio de la junta, entre el techo flotante y el cuerpo del tanque.

Es improbable que este tipo de tanques sean encendidos por las llamas del hierro, ya que estas rara vez caen próximo al espacio cerrado. También es improbable que sean encendidos por una tormenta eléctrica, al menos que el techo se encuentre cerca del punto más alto del tanque. Como se puede señalar, los tanques de techo flotante han sido ocasionalmente encendidos por una carga eléctrica en la superficie del tanque liberada coincidentemente por una tormenta eléctrica. Esta carga pudo escapar del techo al cuerpo del tanque, produciendo un chispa en el espacio de la junta, encendiendo un pequeño fuego alrededor del borde del tanque. Medidas correctivas relacionadas con la localización de conductores metálicos entre el borde del techo flotante y las partes metálicas de la junta que lleva contra el cuerpo del tanque han sido ampliamente efectivas.

En cualquier evento, un incendio en el espacio de la junta de un tanque de techo flotante puede a menudo ser extinguido por extintores manuales o por medio de mangueras. Es de importancia el hecho que si desciende el techo flotante, probablemente interferirá con la circulación térmica del petróleo, obstruyendo el desarrollo de una sobre-ebullición.

Por otras razones precedentes, un tanque vertical de acero con techo flotante es tratado preferentemente desde el punto de vista de exposición a incendio de las propiedades circundantes. Esto es aplicable; aunque, el techo flotante sea cubierto con un techo fijo con ventilación adecuada.

Nótese que un techo flotante con cubierta metálica o componentes combustibles de flotación, los cuales están sujetos a destrucción a partir del fuego de la junta, no es considerado mejor que un tanque de techo fijo y es tratado como tal.

Techo fijo. Las siguientes dos categorías se refieren a tanques de techo fijo, definido aquí como cualquier tanque con un techo metálico diferente a una cubierta de tanque de techo flotante. La diferencia entre las dos categorías estriba en la manera de manejar los requisitos de ventilación de emergencia.

La segunda categoría, listada en la primera columna de la Tabla 2.2, abarca los tanques verticales con techo fijo con una junta delgada cuerpo a techo. Muchos tanques verticales grandes tienen una junta delgada al techo. Otros tanques tienen una característica película delgada incorporada en su diseño (Ver figura 2.4).

La tercer categoría, incluye ambos tanques horizontales y verticales con dispositivos de alivio de emergencia (diferentes a una junta delgada cuerpo a techo), capaces de limitar a una presión de 2.5 psig del tanque bajo condiciones de exposición de incendio. A pesar de la adecuada presión de alivio, estos tanques no son inmunes a fallar si una parte seca del cuerpo es debilitada por el contacto de la flama. Los tanques que pueden estar sujetos a presiones mayores de 2.5 psig bajo condiciones de exposición de incendio no son cubiertos en la Tabla 2.2.

Protección

En las tres categorías de los tipos de tanques, la diferencia se hace entre la presencia o ausencia de protección a exposición.

La protección a exposición es definida en el capítulo uno. Y el sentido es el siguiente: si ocurriera un incendio en un tanque, existirá algún combate contra el incendio con capacidad disponible para prevenir la ignición de la propiedad adyacente. Es considerado que el fuego en el tanque seguramente puede encender el exterior y no intentarán extinguirlo.

Para la segunda categoría, el crédito adicional es dado por

los tanques equipados con un sistema de inerción, o un sistema de extinción a base de espuma. Sin embargo, para tanques mayores de 45.72 m (150 ft) de diámetro, la provisión de un sistema de espuma no proporciona ningún crédito [5], por el problema del bombeo de espuma sobre la superficie del combustible a una velocidad suficiente rápida que sea efectiva.

La tercer categoría es idéntica, excepto que la limitación de los 45 m de diámetro para sistemas de espuma no es aplicado.

Distancia mínima a líneas de propiedad

Estas dos columnas tratan escuetamente situaciones diferentes. En la primera, el espacio intervenido es asegurado por un derecho de vía público, derecho de vía de ferrocarril, etc. En la segunda, estructuras permanentes pueden ser construidas adyacentes a una línea de propiedad. En ningún caso, un tanque puede ubicarse a menos de 1.50 m desde la línea de propiedad. El espaciamento es especificado como una función del diámetro y construcción del tanque. Y considera que los efectos de un incendio pueden extenderse más allá de los límites de nuestra propiedad.

Todos los anteriores espaciamentos han sido cuidadosamente desarrollados desde hace más de setenta años de experiencia de incendios; cuando el Código NFPA fué concebido por primera vez. La distancia del espacio para una propiedad adyacente y también entre tanques (Tabla 2.6), han sido ocasionalmente disminuidas por el paso de los años como ha llegado a comprenderse mejor el mecanismo de expansión de incendio, por experiencias y experimentos directos.

El requerido incremento de espacio indicado en la Tabla 2.3, para todos los tipos de tanques y todas las condiciones, es debido a que un tanque operando a una presión mayor de 2.5 psig puede crear un repentino y violento incidente mayor liberando vapor, que aquel operando a una presión menor. Tal incidente puede incluir la falla de un tanque por súbito desgarramiento del techo o el cuerpo, como resultado del debilitamiento del metal por el efecto directo

de la llama.

La Tabla 2.4 considera el fenómeno de una sobre-ebullición. La ebullición se origina cuando el calor es transmitido al contenido del tanque por el cuerpo expuesto a la flama. El tanque es intacto comunmente y puede no estar envuelto en fuego, de tal manera que el vapor es quemado al viento. Si el tanque tiene una junta delgada cuerpo a techo o si es adecuadamente ventilado, es probable que no derrame liquido. El incendio puede prender en el exterior y causar por fuera serios daños.

Por el contrario, una sobre-ebullición se origina de un incendio en un tanque de techo abierto, no del incendio circundante sobre el terreno. Un tanque de techo fijo no encenderá sobre el área superficial total; a menos que el techo haya sido removido, por una explosión, por ejemplo. Sin embargo, un tanque de techo fijo con un techo flotante interno, puede presentar una parcial combustión del contenido como evidencia del incendio al aire ambiente. Si el techo ha sido removido y el tanque contiene petróleo con características de sobre-ebullición, una o más veces este fenómeno probablemente ocurrirá. El espacio requerido en la Tabla 2.4 refleja la necesidad para salvaguardar estructuras adyacentes contra estas situaciones.

La Tabla 2.5 se aplica a tanques conteniendo líquidos inestables, con características impredecibles durante la exposición. Es por esta razón que requieren un mayor espaciamento.

Los requisitos de espacio indicados en la Tabla 2.6 para tanques de almacenamiento para líquidos Clase IIIB son mínimos, pues, estos tanques rara vez son envueltos en un incendio.

Cuando se tengan dos tanques de diferentes propietarios con una frontera común, es posible, con el acuerdo por escrito de los propietarios; sustituir la distancia por la mínima indicada en esta sección.

Donde la falla de tanques y recipientes horizontales a presión

puedan exponer la propiedad, el tanque deberá ser ubicado con el eje longitudinal paralelo a la exposición importante más cercana. Esta restricción se basa en el hecho de que un tanque horizontal a presión expuesto a incendio es probable que viaje axialmente bajo la falla. La aplicación de esta regla compromete la difícil decisión de cual estructura constituye el riesgo importante más cercano. Un edificio de oficinas de la misma propiedad o algún edificio ocupado en la propiedad adyacente sería considerado como *Exposiciones importantes*. Puede ser también considerado como tal, un tanque de líquidos inflamables; pero un almacenamiento normalmente vacío, no lo sería.

ESPACIAMIENTO, CUERPO A CUERPO, ENTRE DOS TANQUES SUPERFICIALES ADYACENTES CUALESQUIERA

Los tanques para líquidos estables Clase I, II o IIIA deberán estar separados de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.8, excepto cuando se indique lo contrario.

En la Tabla 2.8 se indica un espacio mínimo para tanques almacenando líquidos estables. El espacio mínimo de 90 cm se basa en las necesidades de acceso para maniobras de mantenimiento y conservación, y para aplicación de corrientes de enfriamiento. El espacio para tanques mayores es una fracción arbitraria del diámetro del tanque, adecuado para permitir una segura y ordenada disposición de la tubería, y para prevenir la expansión de incendio de un tanque a otro. La sola distancia, no es una medida de seguridad contra la expansión del incendio del líquido derramado, debiendo ser previsto su control por otros medios adecuados.

La aplicación de la Tabla 2.8, para tanques horizontales, se inició en la edición de 1994 del Código para discutir los planteamientos relativos a la distancia requerida entre tanques horizontales adyacentes [5]. Para propósitos de espaciamiento, se determinó que los tanques horizontales serían tratados como de techo fijo.

TABLA 2.3 ESPACIAMIENTO LIQUIDOS ESTABLES

(Presión de operación mayor de 2.5 psig)

Tipo de Tanque	Protección	Distancia mínima, en m, desde la línea de propiedad que es o puede ser construida, incluyendo el lado opuesto de una vía pública.	Distancia mínima, en m, desde el lado más cercano de alguna vía pública o desde el edificio importante más cercano dentro de la misma propiedad.
Cualesquiera	Protección a Exposiciones	1.5 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 7.50	1.5 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 7.50
	Ninguna	3.0 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 15.00	1.5 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 7.50

TABLA 2.4 ESPACIAMIENTO LIQUIDOS CON SOBRE-EBULLICION (BOIL-OVER)

Tipo de Tanque	Protección	Distancia mínima, en m, desde la línea de propiedad que es o puede ser construida, incluyendo el lado opuesto de una vía pública y no deberá ser menor de 1.50 m.	Distancia mínima, en m, desde el lado más cercano de alguna vía pública o desde el edificio importante más cercano dentro de la misma propiedad y no deberá ser menor de 1.50 m.
Techo Flotante	Protección a Exposiciones	0.5 el diámetro del tanque	0.167 el diámetro del tanque
	Ninguna	1.0 el diámetro del tanque	0.167 el diámetro del tanque
Techo Fijo	Sistema de espuma o inerción aprobado	1.0 el diámetro del tanque	0.333 el diámetro del tanque
	Protección a Exposiciones	2.0 el diámetro del tanque	0.667 el diámetro del tanque
	Ninguna	4.0 el diámetro del tanque pero necesita no exceder de 105.00	0.667 el diámetro del tanque

TABLA 2.5 ESPACIAMIENTO LIQUIDOS INESTABLES

Tipo de Tanque	Protección	Distancia mínima, en m. desde la línea de propiedad que es o puede ser construida, incluyendo el lado opuesto de una vía pública.	Distancia mínima, en m. desde el lado más cercano de alguna vía pública o desde el edificio importante más cercano dentro de la misma propiedad.
Horizontal y Vertical con ventilación de alivio de emergencia para regular la presión a no más de 2.5 psig	Tanque protegido con cualquiera de los siguientes sistemas aprobados: • Rocio de agua • Refrigeración y aislamiento • Inerción • Barrera	Tabla 2.7, pero no menor de 7.50	No menor de 7.50
	Protección a Exposiciones	2.50 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 15.0	No menor de 15.0
	Ninguna	5.00 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 30.0	No menor de 30.0
Horizontal y Vertical con ventilación de alivio de emergencia para permitir la presión arriba de 2.5 psig	Tanque protegido con cualquiera de los siguientes sistemas aprobados: • Rocio de agua • Refrigeración y aislamiento • Inerción • Barrera	2.00 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 15.0	No menor de 15.0
	Protección a Exposiciones	4.00 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 30.0	No menor de 30.0
	Ninguna	8.00 veces la Tabla 2.7, pero no menor de 45.0	No menor de 45.0

TABLA 2.6 ESPACIAMIENTO LIQUIDOS CLASE IIIB

Capacidad del Tanque (Litros)	Distancia mínima, en m. desde la línea de propiedad que es o puede ser construida, inclu- yendo el lado opuesto de una vía pública.	Distancia mínima, en m. desde el lado más cercano de alguna vía pública o desde el edifi- cio importante más cercano dentro de la misma propiedad
45800 o menos	1.50	1.50
45801 a 114000	3.00	1.50
114001 a 190000	3.00	3.00
190001 a 380000	4.50	3.00
380001 o más	4.50	4.50

TABLA 2.7 DATOS AUXILIARES PARA LAS TABLAS 2.2 A LA 2.5

Capacidad del Tanque (Litros)	Distancia mínima, en m. desde la línea de propiedad que es o puede ser construida, inclu- yendo el lado opuesto de una vía pública	Distancia mínima, en m. desde el lado más cercano de alguna vía pública o desde el edifi- cio importante más cercano dentro de la misma propiedad
1048 o menos	1.50	1.50
1048 a 2850	3.00	1.50
2851 a 45600	4.50	1.50
45601 a 114000	6.00	1.50
114001 a 190000	9.00	3.00
190001 a 380000	15.00	4.50
380001 a 1900000	24.00	7.50
1900001 a 3800000	30.00	10.50
3800001 a 7600000	40.50	13.50
7600001 a 11400000	49.50	15.50
11400001 o más	52.50	18.00

Los tanques de petróleo crudo con capacidades individuales no mayores de 478 800 litros (3 000 Bls.); cuando queden ubicados en instalaciones de producción en localizaciones aisladas, no necesitan estar separados por más de 90 cm. Esta excepción es debido a que, en un lugar que no expone a propiedades vecinas, sería ilógico especificar grandes espacios entre varios tanques, donde un solo tanque almacenando la misma cantidad de petróleo sería permitido. Así, los tanques pueden ser ubicados lo más cercano posible; resultando una supervisión e instalación de tubería, económica; sin incrementar el riesgo a otros.

Los tanques utilizados solo para almacenamiento de líquidos Clase IIIB, pueden ser espaciados a no menos de 90 cm de distancia, si no quedan dentro del Área del dique o la línea de drenaje de un tanque que contenga líquidos Clase I o Clase II; en tal caso, las especificaciones de la Tabla 2.8 serán aplicadas.

Para líquidos inestables, la distancia entre éste tipo de tanques no deberá ser menor de la mitad de la suma de sus diámetros.

Cuando los tanques estén ubicados en un área de un dique para líquidos Clase I o Clase II, o en la línea de drenaje de líquidos Clase I o Clase II, y son agrupados en tres o más filas o en un patrón irregular, un mayor espaciamiento u otros medios pueden ser requeridos por la autoridad competente que tenga jurisdicción, para ubicarlos en el interior del patrón accesible para propósitos de combate de incendios.

La mínima separación horizontal entre un recipiente de Gas LP y un tanque conteniendo líquidos Clase I, Clase II o Clase IIIA deberá ser de 6.0 m; excepto en el caso de tanques para líquidos Clase I, Clase II o Clase IIIA operando a una presión excedente de 2.5 psig o equipado con ventilación de emergencia, la cual permitirá presiones excedentes a este valor, en cuyo caso se podrá aplicar la Tabla 2.8. Deben tomarse medidas adecuadas para prevenir la acumulación de líquidos Clase I, Clase II o Clase IIIA bajo

recipientes adyacentes de Gas LP; tales como diques, canales de derivación, o pendientes. Cuando líquidos inflamables o combustibles almacenados en tanques queden dentro del área del dique, el recipiente de Gas LP quedará fuera del área de este, y al menos 3.0 m lejos del eje del muro de contención del dique.

Lo anterior no será aplicado cuando los recipientes de Gas LP de 475 litros (125 gal.) o menor capacidad, son instalados adyacentes a los tanques de suministro de aceite combustible de 2 500 litros (660 gal.) o menor capacidad. Además la separación no horizontal es requerida entre tanques superficiales de Gas LP, y tanques de líquidos combustibles e inflamables subterráneos.

TABLA 2.8 ESPACIAMIENTO MÍNIMO, CUERPO A CUERPO, ENTRE TANQUES

TAMAÑO DEL TANQUE Y/O TIPO DE EMBALSAMIENTO	TANQUES DE TECHO FLOTANTE	TANQUES HORIZONTALES O FIJOS	
		Líquidos: Clase I o II	Líquidos: Clase IIIA
Todos los tanques no mayores de 45 m de diámetro.	0.167 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes pero no menor a 90 cm.	0.167 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes pero no menor a 90 cm.	0.167 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes pero no menor a 90 cm.
Tanques mayores de 45 m de diámetro: Si el embalsamiento remoto es de acuerdo con esta sección.	0.167 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	0.250 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	0.167 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes
Tanques mayores de 45 m de diámetro: Si el embalsamiento alrededor de los tanques es de acuerdo con esta sección.	0.250 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	0.333 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	0.250 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes

CONTROL DE DERRAME DE TANQUES SUPERFICIALES

Se deberán diseñar las instalaciones de tal forma que impidan que cualquier derrame accidental de líquidos Clase I, II o IIIA pongan en peligro instalaciones importantes y a la propiedad adyacente, o a corrientes de agua; como se indicará en las secciones siguientes. Los tanques para almacenamiento de líquido Clase IIIB no requieren drenaje especial o provisiones de dique para propósitos de protección contra incendio. El temor principal para prever las anteriores restricciones es de que tales fugas pueden inflamarse y provocar una amplia expansión del incendio. Otra preocupación mayor es que la contaminación ambiental puede ser más difícil de controlar. El almacenamiento de líquidos Clase IIIB en tanques, no requiere de control de derrame para propósito de protección de incendio, solo porque existe una pequeña probabilidad para que ocurra la ignición; sin embargo, la contaminación ambiental probablemente resultará de todas maneras, ocurra o no un incendio.

En las áreas de almacenamiento de tanques atmosféricos (S)(65) se deberán subdividir y agrupar de acuerdo con su clasificación en: hidrocarburos sujetos a sobre-ebullición (boil over), líquidos inflamables y líquidos combustibles, para que en un dique común se tengan productos de la misma clasificación, es decir, inflamables con inflamables, combustibles con combustibles, etc.

Embalsamiento remoto

Donde la protección de propiedades adyacentes o corrientes de agua sea por medio del drenado a un área de embalse remoto, de tal manera que el líquido embalsado no estará apoyado contra el tanque, tales sistemas se complementarán con lo siguiente (S):

- 1) Una pendiente no menor de uno por ciento en dirección ascendente hacia el tanque, y por lo menos 15 m en dirección hacia el área de embalse.
- 2) El área de embalse deberá tener una capacidad mínima igual a la

del mayor tanque que pueda drenarse.

- 3) La ruta del sistema de drenaje se localizará de tal forma, que si los líquidos en el sistema de drenaje son inflamados, el fuego no expondrá seriamente los tanques o propiedades adyacentes.
- 4) El confinamiento del área de embalsamiento será localizado de tal forma, que a la capacidad máxima de llenado, el nivel del líquido quedará a 15 m; por lo menos, de cualquier línea de propiedad que sea o pueda ser construida, o de cualquier tanque (Ver figura 2.5).

Embalsamiento alrededor de los tanques por medio de un dique

Cuando la protección de propiedades adyacentes o corrientes de agua sea por medio de embalsamiento de un dique alrededor de los tanques, estos sistemas se complementarán con lo siguiente (5):

- 1) Una pendiente no menor de uno por ciento en dirección ascendente hacia el tanque; y por lo menos 15 m o a la base del dique, cualquiera que sea menor.
- 2) La capacidad volumétrica de contención del área del dique no será menor que la mayor cantidad del líquido que pueda ser liberado del tanque mayor dentro del área del dique, considerando el tanque lleno. Para permitir el volumen ocupado por los tanques, la capacidad del Área de contención encerrando más de un tanque deberá ser calculada después de restar el volumen de los tanques, sin tomar en cuenta el tanque de mayor capacidad, abajo del nivel de la altura del dique.

El dique de contención alrededor de los tanques es menos recomendable que el embalsamiento remoto, porque esto puede exponer el tanque derramado o tanques adyacentes a un incendio de derrame.

- 3) Para permitir el acceso, de la base exterior del dique a nivel de piso, deberá tener un espacio libre de 3 m a cualquier línea de propiedad que exista o pueda ser construida. Esto puede entenderse para permitir el acceso para maniobras contra

incendio y para proporcionar protección adicional a construcciones o propiedades adyacentes en el evento de un incendio en el área del dique.

- 4) Los muros de contención del dique podrán ser de tierra, acero, concreto, o mampostería sólida implementada para ser impermeable a líquidos y para soportar una altura hidrostática llena. Los muros de tierra de 90 cm o más de altura deberán tener una sección plana en la corona no menor de 80 cm de ancho. La pendiente de estos muros de tierra será consistente de acuerdo al ángulo de reposo del material que es construido. Las áreas de diques para tanques conteniendo líquidos Clase I localizados en suelos extremadamente porosos pueden necesitar un tratamiento especial para evitar filtración de cantidades peligrosas de líquidos a áreas bajas adyacentes o corrientes de agua en caso de fuga o derrame. Las arcillas bien compactadas resistirán la filtración de líquido. Sin embargo, las regulaciones de protección ambiental pueden requerir un substancial tratamiento; tal como un adecuado recubrimiento.
- 5) Excepto lo previsto en el siguiente inciso, la altura del dique de contención será restringida a 1.80 m sobre el nivel del piso terminado (Ver figura 2.6). La razón para la limitación general de la altura del dique a 1.80 m es para proporcionar una vía de escape para combate de incendio pequeño dentro del área del dique. Algunas excepciones son permitidas, pero deben tomarse ciertas precauciones.
- 6) Los diques pueden tener una altura promedio mayor a 1.80 m sobre el nivel interior donde se tomen provisiones para acceso normal y accesos de emergencia a los tanques, válvulas y otros equipos, y salidas seguras del dique perimetral. Las razones para permitir que la altura del dique exceda de 1.80 m está relacionado con los costos y disponibilidad del suelo en áreas construidas y regulaciones en algunas jurisdicciones, requiriendo diques individuales para cada tanque.

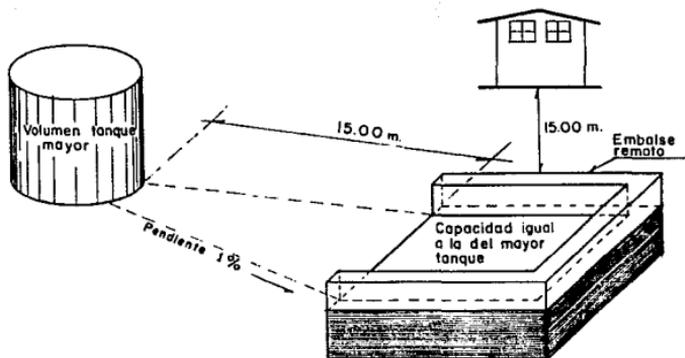


Figura 2.5 El área de embalsamiento remoto debe ser de capacidad suficiente para contener todo el líquido del tanque de mayor tamaño que pueda drenarse hacia ésta. El uno por ciento de pendiente a partir del tanque, generalmente asegura un control adecuado de drenaje.

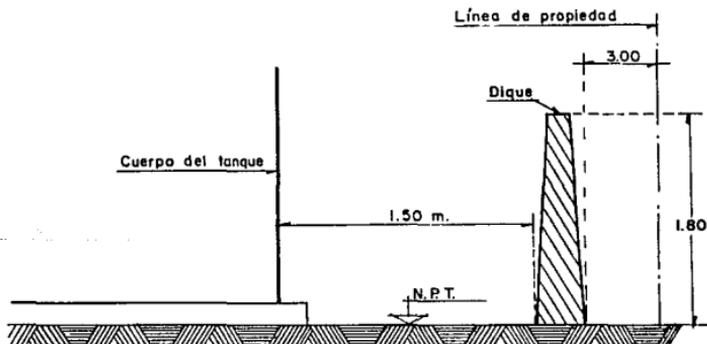


Figura 2.6 La altura del dique es restringida generalmente a 1.80 m. cuando el dique exceda esta altura, la mínima distancia entre los tanques y el talón interior del muro del dique debe ser de 1.50 m.

- a) Donde la altura media del dique conteniendo Líquidos Clase I sobrepase los 3.00 m, medido al nivel interior, o donde la distancia entre cualquier tanque y el borde interior del muro sea menor que la altura del muro del dique, se deberán tomar provisiones para la operación normal de las válvulas y para el acceso al techo del tanque sin entrar al nivel del piso terminado interior del área del dique. Estas provisiones pueden ser convenientes por medio del uso de válvulas operadas a distancia, andadores elevados, o arreglos similares.
- b) El paso de tuberías a través de los muros del dique serán diseñados para prevenir esfuerzos excesivos como un resultado de asentamiento o exposición a incendio.
- c) La distancia mínima entre los tanques y el talón interior del muro del dique deberá ser de 1.50 m (Ver Figura 2.6).

Estas provisiones reflejan una inquietud por la propagación peligrosa de concentraciones de vapor Clase I cuando es confinado en un espacio pequeño entre el muro del dique y el tanque. Las válvulas operadas a distancia o de andadores elevados, eliminan las necesidades al personal para bajar a la base del área del dique para operación de las válvulas.

Se hace énfasis que las provisiones a), b) y c) solamente se aplican a la altura permitida de los diques en éste inciso (6).

- 7) Cada área de dique conteniendo dos o más tanques será subdividida, preferentemente por canales de drenaje o al menos por diques intermedios ordenados, para prever fugas que pongan en peligro tanques adyacentes dentro del área encerrada por el dique. Este requisito es diseñado para el control de aquellas fugas relativamente pequeñas que, en el pasado, han generado un incendio mayor, destruyendo los tanques del área encerrada; y se señala lo siguiente:

- a) Cuando son almacenados líquidos normalmente estables en tanques verticales de techo cónico, construidos con una

junta delgada cuerpo-a-techo o tanques de techo flotante, o cuando sea almacenado petróleo crudo en áreas de producción en cualquier tipo de tanque, una subdivisión por cada tanque que exceda de 10 000 Bls. y una subdivisión por cada grupo de tanques (cuya capacidad de un solo tanque no exceda de 10 000 Bls) con capacidad en grupo no mayor de 15000 Bls. Estas mismas recomendaciones son hechas para tanques atmosféricos verticales, para almacenamiento de hidrocarburos sujetos a sobre-ebullición (boil over) (8)(65).

- b) Cuando sean almacenados líquidos normalmente estables en tanques no cubiertos en el subinciso anterior, una subdivisión por cada tanque que exceda de 2 380 Bls., y una subdivisión por cada grupo de tanques (cuya capacidad de un solo tanque no exceda de 2 380 Bls. con capacidad en grupo no mayor de 3 570 Bls.
- c) Cuando sean almacenados líquidos inestables en cualquier tipo de tanque, una subdivisión para cada tipo de tanque excepto para aquellos tanques instalados de acuerdo a los requisitos de drenaje de la norma NFPA 15 (3), no necesitarán una subdivisión adicional. Debido a que los líquidos inestables reaccionarán más rápidamente cuando son calentados a una temperatura mayor que la ambiental, la subdivisión por canales de drenaje es el método más recomendable.
- d) Dondequiera que dos o más tanques conteniendo líquidos Clase I, cualquiera de los cuales tenga más de 45 m de diámetro, localizados en un área de dique común, deberán preverse diques intermedios entre tanques adyacentes para almacenar al menos 10 por ciento de la capacidad del tanque encerrado, no incluyendo el volumen desplazado por el tanque.
- e) Los canales de drenaje o los diques intermedios deberán ser localizados entre los tanques para aprovechar completamente el espacio disponible con respecto a las capacidades individuales de los tanques. Es decir, ubicando un bordillo intermedio a mayor distancia con relación a un tanque mayor

de tanques adyacentes de tamaño diferente. Donde se utilicen los diques intermedios, no deberán ser menores de 45 cm de altura.

- 8) Donde se prevea el drenado de agua del área del dique, deberá ser controlado de tal manera que evite que los líquidos combustibles e inflamables descarguen a cursos naturales de agua, alcantarillas o drenaje público; si su presencia constituiría un peligro. El control del drenaje deberá ser accesible bajo condiciones de incendio fuera del dique. Esto es porque el escape incontrolado del área del dique frustraría los propósitos del propio dique.
- 9) No serán permitidos dentro del área del dique el almacenamiento de material combustible, tambores o barriles llenos, o vacíos.

CARACTERISTICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO DE LOS DIQUES DE CONTENCIÓN

Las normas de PETROLEOS MEXICANOS [65] proporcionan algunos criterios de diseño de áreas de almacenamiento para tanques atmosféricos, los cuales son importantes tomar en cuenta, indicando lo siguiente:

Todo tanque de almacenamiento de hidrocarburos tiene que estar localizado adyacente a un muro de contención (dique) como mínimo, el cual tenga acceso directo a una calle; esto es con el fin de proporcionar, en caso de siniestro, facilidades para ataque o maniobras contra incendio, definiéndolo como *Frente de Ataque* (FA).

El número mínimo de frentes de ataque contra incendio (FA) desde calles adyacentes a los muros de contención será en función de la capacidad nominal del tanque de acuerdo a la Tabla 2.9.

Los tanques con capacidad de 500 000 Bls. y 200 000 Bls. deberán tener como mínimo cuatro accesos por escalera, ubicados

TABLA 2.9 NUMERO MINIMO DE FRENTE DE ATAQUE (FA)

CAPACIDAD DEL TANQUE (10 ³ BLS.)	NUMERO MINIMO DE ACCESOS (FA)
500 y 200	4
150 y 100	3
80 y 55	2
40 y menores	1

estratégicamente. Los tanques de 150 000 Bls. y menores, deberán tener como mínimo dos escaleras, localizadas en dos esquinas opuestas entre sí. Se definirá a la Escalera como aquella vía de acceso de personal al área interior del dique para los trabajos de mantenimiento y operación.

Toda área limitada por diques podrá contar con una rampa de acceso de 1.0 m de ancho para equipo portátil de mantenimiento. Es posible, en algunos casos, sustituir una escalera por la rampa de acceso mencionada anteriormente.

Además de las escaleras se deberá contar con vías de escape a base de burladeros (El Burladero es una vía de escape que consiste en un escalón empotrado en el dique para facilitar la salida de personal mediante el salto de este muro en caso de emergencia) que deberán localizarse a cada 80 m como máximo.

En el caso de diques de 1.20 m de altura y menores, no requerirán de vías de escape tipo burladero. Para el caso de diques con una altura mayor de 1.80 m, la localización de escaleras, de vías de escape tipo burladero, y rampas, deberán tratarse también como casos especiales.

CAPITULO TRES VENTILACION PARA TANQUES SUPERFICIALES

En este capítulo se contemplará la ventilación normal y desde el punto de vista de protección contra incendio, para tanques de almacenamiento superficiales.

3.1 VENTILACION NORMAL PARA TANQUES SUPERFICIALES

Los tanques atmosféricos para almacenamiento deben ser adecuadamente ventilados para prevenir el desarrollo del vacío o presión suficiente para distorsionar el techo de un tanque de forma cónica o exceder la presión de diseño, en el caso de tanques atmosféricos, como resultado del llenado o descarga, y cambios atmosféricos de temperatura.

En adición al diseño propiamente del tanque para resistir la altura de presión generada por el líquido almacenado, un tanque debe, además, ser adecuadamente ventilado para permitir su llenado y descarga.

Cuando un tanque es llenado, el aire y el vapor deben salir de él, o el tanque se presurizará. Sacando fuera éste y el vapor necesario para que la presión en el tanque sea ligeramente mayor que la presión atmosférica. Por esta razón, los tanques son diseñados para resistir una presión interna de 20 cm de columna de agua (0.333 psig).

Cuando un tanque es vaciado, el aire debe entrar o el tanque llegará a despresurizarse. Para permitir la entrada de aire, la presión en el tanque debe ser ligeramente menor que la presión atmosférica. Por esta razón, los tanques son diseñados para permitir una presión de vacío de 6.35 cm de columna de agua (0.10 psig).

La restricción de distorsión del techo de un tanque de forma

cónica se aplica específicamente a tanques construidos de acuerdo con la norma API 650 [36]. Esta distorsión del techo causaría, por diseño, la falla del tipo de construcción débil cuerpo a techo. Esta sólo ocurrirá bajo condiciones de emergencia.

La restricción contra la presión excedente de diseño se aplica sólo a tanques construidos de acuerdo a las normas API 620 y sección VIII División I del ASME [35][53], dado que estos son los únicos construidos por normas que especifican una presión de diseño y requieren pruebas para asegurar que las especificaciones han sido cumplidas.

Los tanques construidos de acuerdo a la norma UL 142 [57] son diseñados para presiones de operación entre la atmosférica y 0.50 psig. Todos los tanques de UL 142 deben pasar una prueba de fugas utilizando agua o aire. Si el tanque es probado con agua, la presión de prueba debe ser al menos de 5 psig, pero no mayor de 7 psig para tanques horizontales, y al menos 1.50 psig para tanques verticales. Si son probados con agua, primero, el tanque debe ser ubicado en su posición de instalación; entonces, el tanque es llenado con agua, sellado y presurizado a 5 psig.

La consideración de una mínima presión para la cual un tanque puede conducir a una condición por qué muchos tanques no fallan, proporcionando invariablemente factores de seguridad de 2 a 1 o mayores. La respuesta es la ventilación adecuada. Si el venteo es suficientemente grande para reelevar toda presión impuesta, y es conservada limpia todo el tiempo, ninguno de los tanques explotará o implosionará. Las figuras 3.1a y 3.1b describen gráficamente la versión anterior.

La VENTILACION NORMAL deberá ser dimensionada de acuerdo con la norma del Instituto Americano del Petróleo API 2000 [37], u otra Norma aceptada. O será al menos tan grande como la conexión de llenado o descarga, la que sea mayor, pero en ningún caso menor de 3.2 cm (1.25 plg.) de diámetro nominal interior.

UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO ES
DISEÑADO PARA :

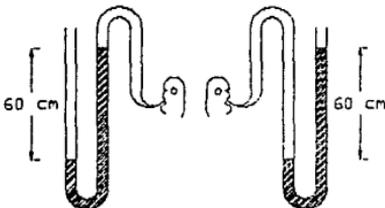
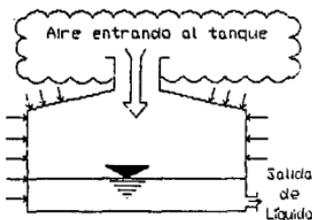
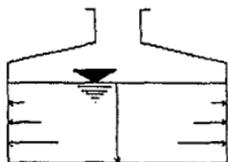


Figura 3.1a (Parte I) Compartamiento gráfico de un tanque atmosférico.

a) CONTENER UN LIQUIDO

Los líquidos ejercen presión sobre las paredes
 $PRESION = (ALTIMA DEL LIQUIDO)(\rho)$

b) SER LLENADO

Debido a la entrada de líquido, el aire y el vapor deben salir. Si no es así el tanque se presurizará. Para que el aire y el vapor salgan fuera del tanque, la presión en el tanque debe ser ligeramente mayor que la presión atmosférica. EL TANQUE ES DISEÑADO PARA UNA PRESION INTERNA DE 20 cm de columna de agua (0.33 psi).

c) SER DESCARGADO

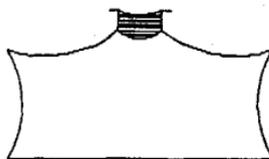
Para que el líquido sea descargado, el aire debe entrar. Si no es así el tanque se despresurizará. Para que el aire sea succionado al interior, la presión en el tanque debe ser ligeramente menor que la presión atmosférica. EL TANQUE ES DISEÑADO PARA UNA PRESION EXTERNA (O VACIO EN EL TANQUE) de 6.35 cm de columna de agua (0.10 psi).

d) Una persona puede inhalar o exhalar aproximadamente 60 cm (24 pulg.) de columna de agua. Esto significa que solamente empleando sus pulmones Usted podrá elevar la presión o bajarla (suctionar) de un tanque de almacenamiento. (Pero el volumen de aire, le tomaría a Usted un largo tiempo).

LOS DIFERENTES CAMBIOS DE PRESION O UNA PEQUEÑA PARTE DE ELLA PUEDE INDUCIR AL TANQUE A UNA:



e) EXPLOSION

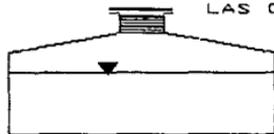


f) IMPLISION

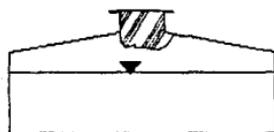
COMO SE PUEDE EVITAR QUE SUCEDA ESTO? Por medio de :

- 1) Que el tanque tenga una ventila suficientemente grande para aliviar todas las fuentes de presión que puedan ser aplicadas a éste.
- 2) Que la ventila siempre este limpia.
- 3) Que la ventila nunca sea modificada sin la autorizacion del ingeniero de la planta o sección.

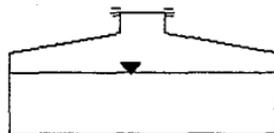
EXISTEN ALGUNAS FALLAS TÍPICAS EN LAS VENTILAS LAS CUALES NUNCA DEBERAN DE OCURRIR.



g) Ventilación completamente obstruido (cerrada).



h) Ventilación taponeada por escurrimientos (saturación de condensados).



i) Ventilación bloqueada por arretador de flama.

Figura 3.1b (Parte II) Comportamiento gráfico de un tanque atmosférico.

La Tabla 3.1 presenta la Tabla I del API 2000-1982, Requerimientos de Capacidad de Ventilación Térmica. Las notas que se anexan a la tabla son importantes en la explicación de la filosofía de la tabla señalada. Cuando se anota *Otra norma aceptada* es incluida para cubrir casos donde sea deseado hacer cálculos especiales para cubrir condiciones particulares (tal como la expulsión de gases de los campos de explotación, cuando el Petróleo crudo es liberado) o cambios extremos de temperatura (como la del día o noche) en zonas desérticas; los 3.2 cm (1.25 plg) de diámetro es mayormente aplicable a tanques pequeños que pueden ser llenados o vaciados rápidamente.

Los tanques de baja presión y recipientes a presión deberán ser adecuadamente ventilados para evitar el desarrollo de presión o vacío, como un resultado del llenado o descarga y cambios atmosféricos de temperatura, de presión excedente de la de diseño del tanque o recipiente. También será prevista la protección para evitar sobrepresión de cualquier bombeo de llenado al tanque o recipiente, cuando la presión de descarga de la bomba pueda exceder la presión de diseño del tanque o recipiente.

Un dispositivo para aliviar la presión y vacío debido a la ventilación normal, para tanques atmosféricos, es la válvula de respiración, mostrada en la figura 3.2, en donde se explica por sí misma la filosofía de funcionamiento.

Para presiones hasta de 1 psig o igual, las válvulas tipo paleta (check pesadas) pueden ser empleadas para prevenir sobrepresión. Muchas de estas válvulas también incorporan rompedores de vacío. Para tanques construidos por las especificaciones del API 620 (35), una válvula de alivio convencional puede ser empleada. En tal caso, un dispositivo separado rompedor de vacío puede ser necesario a menos que la presión de vapor del producto almacenado, bajo cualquier condición de almacenamiento, sea suficientemente alto para prevenir el desarrollo de un vacío peligroso bajo condiciones de máxima capacidad posible de descarga. Los tanques de acuerdo al ASME Code

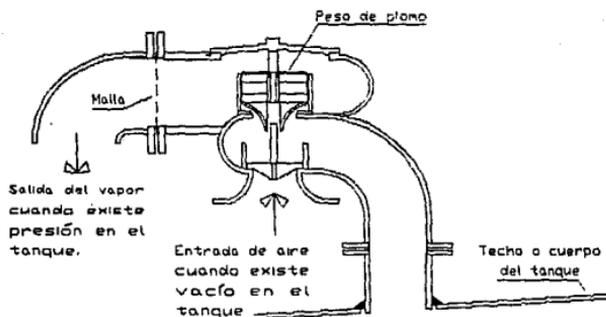


Figura 3.2 Respiradero para tanques de almacenamiento atmosférico. Suelen ser de doble función combinada para presión y vacío. En general, son de paletas con carga. Se pueden calibrar para cerrar a la presión de operación. Muy sensible. Se recomienda para tanques de petróleo AP RP 2000 sobre el suelo. Sirve para cualquier tanque de almacenamiento a presión atmosférica.

TABLA 3.1 TABLA I DEL API 2000-1982 REQUISITOS DE CAPACIDAD DE VENTILACION TERMICA (EXPRESADO EN ft^3 DE AIRE LIBRE POR HORA (m^3 DE AIRE LIBRE POR HORA-14.7 psia A 60°F (15.6°C))

CAPACIDAD DEL TANQUE (Barriles (m^3)) (1)	INHALACION (VACIO) Todo el Suministro ft^3/h (m^3/h) (2)		EXHALACION (PRESION) PUNTO DE INFLAMACION 100°F (37.8°C) o mayor ft^3/h (m^3/h) (3)				menor de 100°F (37.8°C) ft^3/h (m^3/h) (4)	
	60	9.5	60	1.70	40	1.13	60	1.70
100	15.9	100	2.83	60	1.70	100	2.83	
500	79.5	500	14.16	300	8.50	500	14.16	
1000	159	1000	28.32	600	17.00	1000	28.32	
2000	318	2000	56.63	1200	33.98	2000	56.63	
3000	477	3000	84.95	1800	50.97	3000	84.95	
4000	636	4000	113.27	2400	67.96	4000	113.27	
5000	795	5000	141.58	3000	84.95	5000	141.58	
10000	1590	10000	283.17	6000	169.90	10000	283.17	
15000	2385	15000	424.75	9000	254.85	15000	424.75	
20000	3180	20000	566.34	12000	339.80	20000	566.34	
25000	3975	24000	679.60	15000	424.75	24000	679.60	
30000	4770	28000	792.87	17000	481.39	28000	792.87	
35000	5565	31000	877.82	19000	538.02	31000	877.82	
40000	6360	34000	962.77	21000	594.65	34000	962.77	
45000	7155	37000	1047.72	23000	651.29	37000	1047.72	
50000	7950	40000	1132.67	24000	679.60	40000	1132.67	
60000	9540	44000	1245.94	27000	764.55	44000	1245.94	
70000	11130	48000	1359.21	29000	821.19	48000	1359.21	
80000	12720	52000	1472.48	31000	877.82	52000	1472.48	
90000	14310	56000	1585.74	34000	962.77	56000	1585.74	
100000	15900	60000	1699.01	36000	1019.41	60000	1699.01	
120000	19080	68000	1925.55	41000	1161.00	68000	1925.55	
140000	22260	75000	2123.76	45000	1274.26	75000	2123.76	
160000	25440	82000	2321.98	50000	1415.84	82000	2321.98	
180000	28620	90000	2548.52	54000	1529.11	90000	2548.52	

(Fuente: Tabla I, Norma API 2000, 2a Ed., Diciembre 1973)

Notas relativas a la Tabla 3.1

Columna (1)

Es válido interpolar para tamaños intermedios.

Para tanques con una capacidad mayor de 20 000 Bls. (3 180 m³), los requisitos para la condición de vacío son muy cercanos al valor teóricamente calculado de 2 ft³ de aire por hora por ft² del área total del cuerpo y techo.

Columna (2)

Para tanques con una capacidad menor de 20 000 Bls. (3 180 m³), los requisitos de inhalación térmica para la condición de vacío ha sido basada en 1 ft³ de aire libre por hora por cada barril de capacidad del tanque. Esto es sustancialmente equivalente para una capacidad media de cambio espacio de vapor-temperatura de 100°F (37.8°C) por hora.

Columna (3)

Para suministros con un punto de inflamación de 100°F (37.8°C) o mayor, el requisito de exhalación ha sido considerado al 60% de la capacidad requerida de inhalación. Las temperaturas del cuerpo y del techo del tanque no pueden elevarse tan rápidamente bajo cualquier condición como ellas pueden descender, tal como una repentina lluvia helada.

Columna (4)

Para suministros con un punto de inflamación menor de 100°F (37.8°C), el requerimiento térmico presión-ventilación ha sido considerado igual al requisito dispuesto de vacío para la vaporización permitida de la superficie del líquido y para mayores gravedades específicas de los vapores del tanque.

for Unfired Pressure Vessels, son a menudo construidos para resistir un completo vacio, asi, estos pueden no necesitar una rompedora de vacio. Mientras un venteo abierto puede ser adecuado para proteger al tanque de ruptura por presión o colapso por vacio, un venteo abierto no debe ser utilizado si el tanque contiene liquidos Clase I, y tampoco será empleado para cualquier liquido calentado arriba de sus puntos de inflamación, excepto como lo permitido en la sección TANQUES Y RECIPIENTES A PRESION ALMACENANDO LIQUIDOS CLASE I.

Si cualquier tanque o recipiente a presión tiene más de una conexión de llenado o descarga y simultáneamente puede ser llenado o descargado, el tamaño del venteo será basado sobre el gasto máximo simultáneo previsto.

La salida de todos los venteos y orificios de drenaje sobre tanques equipados con ventilación para permitir una presión excedente de 2.50 psig, deberán tener un arreglo para descargar en tal dirección que eviten sobrecalentamiento localizado de, o flama incidiendo sobre, cualquier parte del tanque, que en el evento de evaporación tales venteos sean encendidos. Este requisito fué agregado hace muchos años como resultado de un incendio, uno de muchos incendios similares, en Shamrock Oil Company, en The Texas panhandle el 19 de Julio de 1958. Donde un esferoide de 2 384 550 l de capacidad conteniendo cerca de 1 907 640 l de una mezcla de pentano (punto de ebullición de 36°C) y hexano (punto de ebullición de 69°C) teniendo una presión de vapor Reid de 10.2 psia. El esferoide fué diseñado para 15 psig, de acuerdo a la norma API 620 [35]. El esferoide fué expuesto a un incendio de un liquido sobre el piso, que estuvo siendo combatido por el cuerpo de bomberos de la planta con asistencia de otros cuerpos. El contenido pronto alcanzó el punto de ebullición y los vapores expulsados por los venteos pronto alcanzaron el fuego. La ventila tenia una cubierta desgastada que dirigió la flama hacia adentro del techo del tanque.

Debido a que el tanque no estaba lleno, el techo del tanque no fué enfriado por sus contenidos. El techo calentado perdió

resistencia y el tanque falló. El resultado del hongo de fuego fue la pérdida de diecinueve bomberos.

Si los venteos son equipados con tuberías de descarga que necesitan una cubierta contra el ambiente, la lluvia o los condensados pueden acumularse y congelarse; así, orificios abiertos para el derrame deben preverse para el drenado del agua. Los vapores inflamables emitidos de estos agujeros cuando opera la ventila deben ser capaces para encender sin calentar el techo del tanque y presurizando el tanque a más de 2.50 psig. Los orificios para derrame son provistos a menudo con codos a 90° y pequeña longitud de tubería, de tal manera, que cualquier vapor emitido pueda con seguridad encender sin que incida sobre el tanque. La falla del techo de un tanque a una presión menor de 2.50 psig, será gradual y no creará un hongo de fuego peligroso.

TANQUES Y RECIPIENTES A PRESION ALMACENANDO LIQUIDOS CLASE I

Los tanques y recipientes a presión almacenando líquidos Clase IA deben ser equipados con dispositivos de ventilación que normalmente estarán cerrados excepto bajo condiciones de ventilación a presión o vacío (Ver figuras 3.3 y 3.4).

Los tanques y recipientes a presión almacenando líquidos Clase IB y IC deben ser equipados con dispositivos de ventilación que normalmente estarán cerrados, excepto bajo condiciones de ventilación a presión o vacío, o con arrestadores de flama listados. Los tanques de 3 000 Bls. (476 910 litros) o menor capacidad conteniendo petróleo crudo en áreas de producción de crudo, y tanques atmosféricos superficiales exteriores abajo de 23.8 Bls. (3 785 litros) de capacidad, conteniendo líquidos diferentes a los de Clase IA, pueden tener ventilación abierta.

Estos requisitos son aplicados para limitar el escape de cantidades peligrosas de vapores inflamables en el caso de líquidos Clase IA, con puntos de ebullición menores de 100°F (37.8°C). En un tanque abierto, estos líquidos estarán siempre a una temperatura

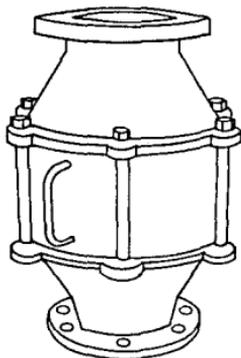


Figura 3.3 Arrestador de flama

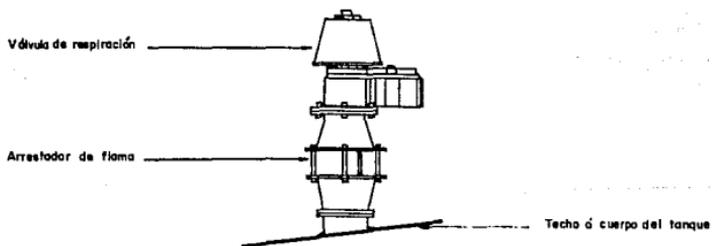


Figura 3.4 Combinación de arrestador de flama con válvula de respiración

menor a la ambiental. pues, ellos son enfriados por la pérdida de calor de vaporización requerida para producir los vapores necesarios para llenar el espacio de vapor del tanque. Cuando una ventila abierta forma un ilimitado espacio de vapor, la generación continua de vapor es significativa.

En los líquidos Clase IB y Clase IC, existe el potencial, no presente en los líquidos Clase IA, en el que el espacio de vapor puede estar en el rango inflamable. Sin embargo, los arrestadores de flama son permitidos como una alternativa para mantener la ventilación cerrada, excepto cuando actúa la ventilación. Por sus más altos puntos de ebullición y acompañada baja presión de vapor, el grado del líquido subenfriado provocado por vaporización, y por lo tanto, la capacidad de vaporización es significativa desde el punto de vista de inflamabilidad.

La excepción para tanques relativamente pequeños de petróleo crudo agrupados es permitida, pues tales tanques están generalmente en áreas poco densamente pobladas y usualmente tienen espacios de vapores demasiado ricos para encender, por la razón de la liberación de gases disueltos.

La excepción para tanques menores de 1 000 gal. (3 785 litros) de capacidad, conteniendo líquidos diferentes a los de Clase IA, es debido a la relativamente insignificante capacidad de liberación de vapores. En adición, los requisitos de localización de venteos proporcionados en secciones posteriores, hacen altamente improbable que una vía continua de vapor en el rango inflamable exista entre el espacio de vapor del tanque y cualquier fuente de ignición exterior.

Pueden ser omitidos los arrestadores de flama o los dispositivos de ventilación, señalados anteriormente, para líquidos Clase IB y IC donde las condiciones sean tales que su uso pueda, en caso de obstrucción, provocar daño al tanque. Las propiedades del líquido para justificación de la omisión de estos dispositivos incluyen, pero no están limitados a: condensación, corrosión,

cristalización, polimerización, congelación o taponamiento. Cuando existan cualquiera de estas condiciones, pueden ser tomadas algunas consideraciones para calentamiento, uso de dispositivos empleando materiales especiales de construcción, uso de sellos líquidos, o de inerción [14].

Una alternativa no descrita en los párrafos anteriores es la inspección frecuente y periódica sustitución del elemento arrestador para actividad de limpieza, mientras es reemplazado por un elemento de repuesto. Si se opta por este procedimiento, debe realizarse con cuidado para evitar daño mecánico al elemento, supervisando que sea adecuadamente instalado (Ver figuras 3.3 y 3.4).

3.2 VENTILACION DE ALIVIO DE EMERGENCIA PARA EXPOSICION A INCENDIO DE TANQUES SUPERFICIALES

Cuando son expuestos a incendio, los contenidos líquidos de un tanque absorben calor y pueden llegar a ebullición, generando vapor en exceso fuera de las condiciones normales de operación. Las provisiones para desprendimiento seguro de estos vapores son descritos en los párrafos siguientes.

Excepto lo indicado para otros casos, todos los tanques de almacenamiento superficial deberán tener alguna forma constructiva o dispositivo que releve la presión interna excesiva, generada por exposición a incendio.

No es requerida la ventilación de emergencia para los tanques mayores de 285 Bls. (45 306 litros) de capacidad que almacenen líquidos Clase IIIB y que no queden dentro del área del dique o la línea de drenaje de líquidos Clase I o Clase II.

En un tanque vertical, el sistema constructivo o el dispositivo que releve la presión interna excesiva, puede tomar la forma de un techo flotante, de techo elevable (Ver figura 2.1), una junta delgada cuerpo a techo (Ver figura 3.5), u otros sistemas

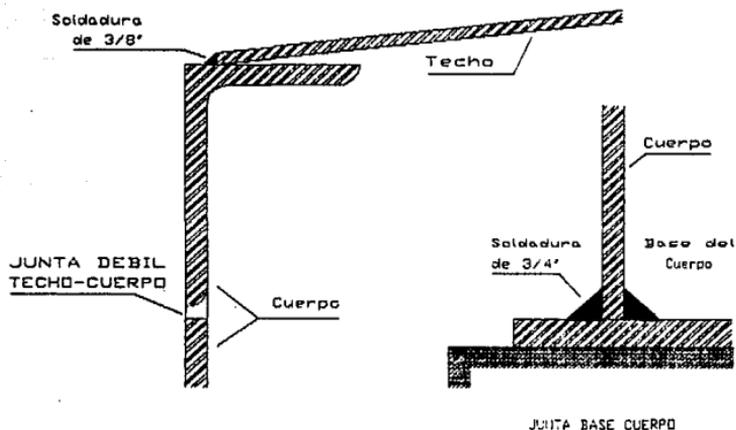


Figura 3.5 Los tanques verticales construidos con las especificaciones Underwriters Laboratories Inc. o del American Petroleum Institute son permitidos para tener una junta débil techo-cuerpo, si la junta es construida específicamente con un ángulo de acero y el techo tiene una pendiente no mayor de 1:6 (16.67%). El techo es unido al extremo del ángulo de acero, con solo 3/8" (9.5mm) de soldadura al extremo del ángulo. Con relación a la Junta Base-Cuerpo, ambos lados de la junta son soldados por lo menos con 3/4" (19 mm) de soldadura, haciendo la junta base-cuerpo mucho más resistente que la junta techo-cuerpo. Así, cualquier presión que sea desarrollada dentro del tanque durante condiciones de exposición a incendio será aliviada por el desgarramiento del techo del cuerpo sobre una parte del tanque. En algunos casos, una explosión interna del espacio de vapor golpeará completamente el techo del tanque. (NOTA: No todos los tanques del UL 142 o API 650 incorporan una junta de diseño techo a cuerpo)

constructivos aprobados aliviadores de presión. La junta delgada cuerpo a techo será construida para fallar preferentemente antes de cualquier otra junta. Los métodos de diseño que prevén una junta constructiva delgada cuerpo a techo están contenidos en la norma API 650 [36] y en las especificaciones UL 142 [57].

En una emergencia de incendio, el diseño de la junta delgada cuerpo a techo, permite al techo rasgar libremente del cuerpo cuando la presión asciende. Siendo entonces completamente ventilado el tanque. Fuera de esto o alguna otra falla de alivio de emergencia, el tanque puede fortuitamente fallar o romperse explosivamente igual como puede ocurrir cuando falla la junta base a cuerpo, como se muestra en la figura 3.5.

Cuando la completa dependencia para alivio de emergencia es basada sobre dispositivos aliviadores de presión, la capacidad total de ventilación de las ventilas de emergencia y normal, deberán ser suficientes para evitar la ruptura de la base o el cuerpo del tanque si es vertical, o el cuerpo o sus caras si es horizontal. Si son almacenados líquidos inestables, los efectos del calor o gas resultantes de la polimerización, descomposición y reacción propia deberán ser tomadas en cuenta. La capacidad total de los dispositivos de ventilación de emergencia y normal no podrán ser menores que los derivados de la Tabla 3.2a, b y c, excepto como lo limitado en las secciones siguientes. Tales dispositivos pueden tener una boca de entrada u orificio de cierre propio, o una empleando cerrojos largos que permitan a la cubierta ascender bajo la presión interna, o una adicional o una válvula mayor o válvulas de alivio (Ver figura 3.6).

El área mojada del cuerpo del tanque será calculada sobre la base de un 55 % del área total expuesta para tanques esféricos y esferoides; el 75 % para tanques horizontales y los primeros 9.0 m (30 ft) arriba del nivel del área expuesta del cuerpo para tanques verticales. Ver las Tablas 3.4a y b para las dimensiones y áreas mojadas de tamaños típicos de tanques horizontales.

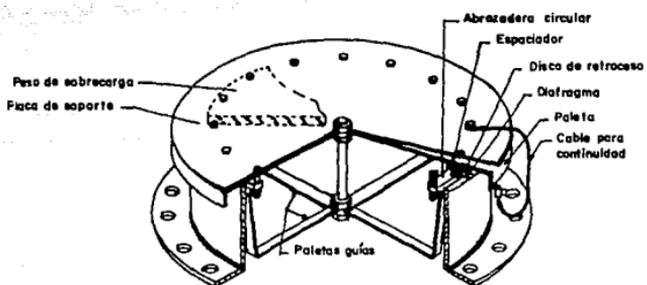


Figura 3.6 Ventilación de emergencia y registro pasa - hombre.

La referencia para líquidos inestables es intencionalmente indefinida. El calor liberado por una reacción química dentro del tanque, a menudo será muchas veces mayor que el calor absorbido por un incendio circundante. El dimensionamiento de las ventillas de emergencia para tanques conteniendo líquidos inestables se deberán calcular caso por caso, basándose en aspectos relativos a la termodinámica de la reacción específica calor-desprendimiento y productos químicos implicados; a partir de cada reacción se desprenderá calor a una velocidad particular. Otra implicación es la de que, si el líquido es estable, la evolución del vapor que debe ser ventilado tomará solo el lugar de la porción del contenedor en contacto con el líquido. Cuando el líquido es inestable, la evolución de gas o vapor comúnmente ocupa el lugar del contenido total. En este caso el líquido dilatado por burbujas de gas o vapor generado cubre totalmente su masa a pesar del volumen relativamente pequeño en contacto con el cuerpo calentado. Esto comúnmente significa que dos fases de mezcla de líquido y vapor es descargado por el venteo, así el tamaño del venteo debe ser tan grande para compensar la pérdida de capacidad por el flujo mezclado, por la oposición del flujo del vapor. Los tamaños determinados, como se señala en este trabajo, son calculados para líquidos estables y ventilación exclusivamente de vapor.

Las Tablas 3.2a, b y c, y 3.3 son expresadas en ft^3 y m^3 de aire libre por hora, en lugar del tamaño de orificio en el tanque; esto es porque cualquier dispositivo de ventilación en particular, tiene un coeficiente específico de descarga. Los dispositivos complicados, tales como los arrestadores de flama, poseen coeficientes que varían ampliamente de acuerdo a su diseño. También, el flujo a través de cualquier dispositivo específico será mucho mayor cuando la ventilación va desde 5 psia, en el tanque, a la presión atmosférica (14.7 psia), que cuando la ventilación es a partir de un tanque atmosférico donde la pérdida permisible de presión a través del dispositivo puede ser unas pocas pulgadas de presión de agua.

En las Tablas 3.2a, b y c, y 3.3 es válido interpolar para

ESTA TESIS DEBE
SER DE LA BIBLIOTECA

valores intermedios. La Tabla 3.2 está basada en una curva compuesta formada por tres líneas rectas cuando es dibujada sobre papel doble logarítmico (Ver figura 3.7); siendo definida de la siguiente manera:

La primera línea recta dibujada sobre papel log-log entre los puntos 400 000 Btu/h, a 20 ft² (1.86 m²) de área superficial expuesta y el punto 4 000 000 Btu/h, a 200 ft² (18.58 m²) de área superficial expuesta. La ecuación para esta sección de la curva es $Q=20\ 000A$.

La segunda línea recta dibujada sobre papel log-log entre los puntos 4 000 000 Btu/h, a 200 ft² (18.58 m²) de área superficial expuesta y 9 950 000 Btu/h, a 1 000 ft² (92.90 m²) de área superficial expuesta. La ecuación para esta sección de la curva es $Q=199\ 300A^{0.566}$.

La tercer línea recta dibujada sobre papel log-log entre los puntos 9 950 000 Btu/h, a 1 000 ft² (92.90 m²) de área superficial expuesta y 14 090 000 Btu/h, a 2 800 ft² (260.12 m²) de área superficial expuesta. La ecuación para esta sección de la curva es $Q=963\ 400A^{0.338}$.

Para áreas mayores de 2 800 ft² (260.12 m²) se ha concluido [5] que un completo envolvimiento de un incendio es improbable, y si lo hubiese, la pérdida de la resistencia del metal debido al sobrecalentamiento provocaría la falla en el espacio de vapor antes del desarrollo de la capacidad máxima posible de evolución del vapor. Por lo cual, la capacidad de ventilación adicional más allá del vapor equivalente de 14 090 000 Btu/h no será efectivo o requerido.

Para tanques y recipientes de almacenamiento diseñados para presiones arriba de 1 psig, la capacidad total de ventilación será determinada de acuerdo con la Tabla 3.2, excepto cuando el área mojada expuesta sea mayor de 2 800 ft² (260.12 m²), donde la capacidad total de ventilación será de acuerdo con la Tabla 3.3 o

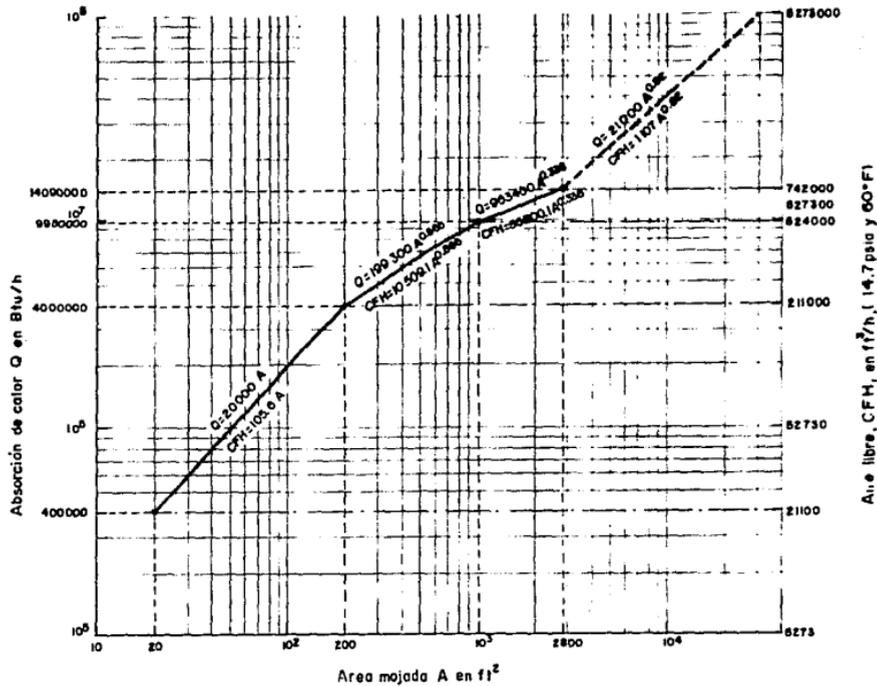


Figura 3.7 Curva (s) para determinación de los requisitos para ventilación de emergencia durante exposición a incendio

A.e libre, CFH, en ft^2/h , 14.7 psia y 60°F

**TABLA 3.2a AREA MOJADA Vs ft^3/h (m^3/h) DE AIRE LIBRE
(14.7 psia y 60 °F) (101.3 kPa y 15.6 °C)**

CFH= 1054.6A ; (Q= 20 000A)			
AREA MOJADA		AIRE LIBRE	
ft^2	m^2	ft^3/h	m^3/h
20	1.86	21100	597.5
30	2.79	31600	894.8
40	3.72	42100	1192.1
50	4.65	52700	1492.3
60	5.57	63200	1789.6
70	6.50	73700	2087.0
80	7.43	84200	2384.3
90	8.36	94800	2684.4
100	9.29	105000	2973.3
120	11.15	126000	3567.9
140	13.00	147000	4162.6
160	14.86	168000	4757.2
180	16.72	190000	5360.2
200	18.58	211000	5974.9

**TABLA 3.2b AREA MOJADA Vs ft^3/h (m^3/h) DE AIRE LIBRE
(14.7 psia y 60 °F) (101.3 kPa y 15.6 °C)**

CFH= 10 509.1A ^{0.566} ; (Q= 199 300A ^{0.566})			
AREA MOJADA		AIRE LIBRE	
ft^2	m^2	ft^3/h	m^3/h
200	18.58	211000	5974.9
250	23.23	239000	6767.7
300	27.87	265000	7504.0
350	32.52	289000	8155.3
400	37.16	312000	8834.9
500	46.45	354000	10024.2
600	55.74	392000	11100.2
700	65.03	428000	12119.6
800	74.32	462000	13082.4
900	83.61	493000	13980.2
1000	92.90	524000	14838.0

**TABLA 3.2c AREA MOJADA Vs ft^3/h (m^3/h) DE AIRE LIBRE
(14.7 psia y 60 °F) (101.3 kPa y 15.6 °C)**

CFH= 50 800.1A^{0.855}; CQ= 983 400A^{0.855}

AREA MOJADA		AIRE LIBRE	
ft ²	m ²	ft ³ /h	m ³ /h
1000	92.90	524000	14838.0
1200	111.48	557000	15772.5
1400	130.06	587000	16622.0
1600	148.64	614000	17386.5
1800	167.23	639000	18094.4
2000	185.81	662000	18745.8
2400	222.97	704000	19933.0
2800	260.13	742000	21011.1
y mayor	y mayor		

**TABLA 3.3 AREA MOJADA MAYOR DE 2800 ft²(260.13m²) Y PRESION MAYOR
DE 1 psig (CFH= 1 07A^{0.82}; CQ= 21 000A^{0.82})**

AREA MOJADA		AIRE LIBRE		AREA MOJADA		AIRE LIBRE	
ft ²	m ²	ft ³ /h	m ³ /h	ft ²	m ²	ft ³ /h	m ³ /h
2800	260.13	742000	21011.1	9000	835.13	1930000	54851.5
3000	278.71	785000	22257.0	10000	929.03	2110000	59748.5
3500	325.16	892000	25258.6	15000	1393.55	2940000	83251.5
4000	371.61	995000	28175.3	20000	1858.06	3720000	105338.7
4500	418.06	1100000	31148.5	25000	2322.58	4470000	126576.3
5000	464.52	1250000	35396.0	30000	2787.10	5190000	146954.4
6000	557.42	1390000	39380.4	35000	3251.61	5900000	167069.4
7000	650.32	1570000	44457.4	40000	3716.12	6570000	186041.7
8000	743.22	1760000	49837.6				

TABLA 3.4a AREA MOJADA PARA TANQUES HORIZONTALES
(EQUIVALENTE A 75% DEL AREA TOTAL)

ϕ Cm)	0.91	1.22	1.52	1.83	2.13	2.44	2.74	3.05	3.35	3.65
L Cm)	AREA DEL TANQUE CON CABEZA PLANA, en m ²									
0.91	2.96									
1.22	3.62	5.25								
1.52	4.27	6.13	8.21							
1.83	4.93	7.00	9.30	11.82						
2.13	5.58	7.88	10.40	13.13	18.09					
2.44	6.24	8.76	11.50	14.45	17.62	21.01				
2.74	6.90	9.63	12.59	15.76	19.15	22.77	26.60			
3.05	7.55	10.51	13.88	17.07	20.89	24.52	28.57	32.83		
3.35	8.21	11.38	14.79	18.39	22.22	26.27	30.54	35.02	39.73	
3.65	8.87	12.26	15.87	19.70	23.75	28.02	32.51	37.21	42.14	47.28
3.96	9.52	13.13	16.96	21.01	25.28	29.77	34.48	39.40	44.55	49.91
4.27	10.18	14.00	18.06	22.33	26.81	31.52	36.45	41.59	46.98	52.54
4.57	10.84	14.89	19.15	23.64	28.35	33.27	38.42	43.78	49.36	55.16
4.88	11.50	15.76	20.25	24.95	29.88	35.02	40.39	45.97	51.77	57.79
5.18	12.15	16.64	21.34	26.27	31.41	36.77	42.36	48.16	54.18	60.42
5.49	12.81	17.51	22.44	27.58	32.94	38.53	44.33	50.35	56.59	63.04
5.79		18.39	23.53	28.89	34.48	40.28	46.30	52.54	59.00	65.67
6.10		19.26	24.63	30.21	36.00	42.03	48.27	54.72	61.40	68.80
6.40		20.14	25.72	31.52	37.54	43.78	50.24	56.91	63.81	70.92
6.71		21.01	26.81	32.83	39.07	45.53	52.21	59.10	66.22	73.55
7.01		21.89	27.91	34.15	40.61	47.28	54.18	61.29	68.63	76.18
7.32		22.77	29.00	35.46	42.14	49.03	56.15	63.48	71.03	78.80
7.62			30.10	36.77	43.67	50.78	58.12	65.67	73.44	81.43
7.92			31.20	38.09	45.20	52.54	60.09	67.86	75.85	84.06
8.23			32.29	39.40	46.73	54.29	62.06	70.05	78.26	86.68
8.53			33.38	40.71	48.27	56.04	64.03	72.24	80.66	89.31
8.84			34.48	42.03	49.80	57.79	66.00	74.43	83.07	91.94
9.14			35.57	43.34	51.33	59.54	67.97	76.61	85.48	94.56
9.45			36.67	44.66	52.86	61.29	69.94	78.80	87.89	97.19
9.75				45.97	54.40	63.04	71.91	80.99	90.30	99.82
10.06				47.28	55.93	64.79	73.69	83.18	92.70	102.4
10.36				48.60	57.46	66.54	75.85	85.37	95.11	105.1
10.67				49.91	58.99	68.80	77.82	87.56	97.52	107.7
10.97				51.22	60.53	70.05	79.79	89.75	99.93	110.3
11.28				52.54	62.06	71.80	81.76	91.94	102.3	113.0

TABLA 3.4b AREA MOJADA PARA TANQUES HORIZONTALES
(EQUIVALENTE A 75% DEL AREA TOTAL)

ϕ Cm	0.91	1.22	1.52	1.83	2.13	2.44	2.74	3.05	3.35	3.65
L Cm	AREA DEL TANQUE CON CABEZA PLANA, en m ²									
11.58					63.59	73.55	83.73	94.13	104.7	115.6
11.89					65.12	75.30	85.70	96.31	107.1	118.2
12.19					66.65	77.05	87.67	98.50	109.6	120.9
12.50					68.19	78.80	89.64	100.7	112.0	123.5
12.80					69.72	80.55	91.61	102.9	114.4	126.1
13.11				71.25	82.31	93.58	105.1	116.8	128.7	
13.41					84.06	95.55	107.3	119.2	131.3	
13.72					85.81	97.52	109.5	121.6	134.0	
14.02					87.58	99.49	111.6	124.0	136.6	
14.33					89.31	101.5	113.9	126.4	139.2	
14.63					91.06	103.4	116.0	128.8	141.8	
14.94					92.81	105.4	118.2	131.2	144.5	
15.24						107.4	120.4	133.6	147.1	
15.55						109.4	122.6	136.0	149.7	
15.85						111.3	124.8	138.5	152.4	
16.15						113.3	127.0	140.9	155.0	
16.46						115.2	129.1	143.3	157.6	
16.76							131.3	145.7	160.2	
17.07							133.5	148.1	162.9	
17.37							135.7	150.5	165.5	
17.68							137.9	152.9	168.1	
17.98							140.1	155.3	170.7	
18.29							142.3	157.7	173.4	
18.59								160.1	176.0	
18.90								162.5	178.6	
19.20								164.9	181.2	
19.51								167.4	183.9	
19.81								169.8	186.5	
20.12								172.2	189.1	
20.42									191.8	
20.73										194.4
21.03										197.0
21.34										199.6
21.64										202.3
21.95										204.9

calculada con la fórmula siguiente:

$$CFH = 1\ 107A^{0.82} \quad (3.2.1)$$

Donde:

CFH = Requisito de ventilación, en ft³/h, de aire libre.

A = Superficie mojada expuesta, en ft².

La fórmula anterior está basada en las expresiones siguientes:

$$Q = 21\ 000A^{0.82} \quad (3.2.2)$$

$$CFH = \frac{70.5Q}{L\ M^{0.50}} \quad (3.2.3)$$

Sustituyendo la fórmula (3.2.2) en (3.2.3), tenemos:

$$CFH = \frac{70.5 (21\ 000A^{0.82})}{L\ M^{0.50}} \quad (3.2.4)$$

$$CFH = \frac{1\ 480\ 500A^{0.82}}{L\ M^{0.50}} \quad (3.2.5)$$

Siendo:

L = Calor latente de vaporización del líquido específico, en Btu/lb

M = Peso molecular de los líquidos específicos

Q = Es el calor total absorbido por hora, expresado en Btu.

El valor de $L\ M^{0.50}$ para el n-Hexano es igual a 1 337. Por lo cual:

$$CFH = \frac{1\ 480\ 500A^{0.82}}{1\ 337} = 1\ 107A^{0.82} \quad (3.2.1)$$

Los recipientes a presión y los tanques a baja presión ordinariamente serán usados para el almacenamiento de materiales

con bajos puntos de ebullición. Consecuentemente, alguna ventilación de emergencia es necesaria para proteger al tanque de una falla a una presión excesivamente mayor de la válvula de alivio establecida. Las Tablas 3.2a, b y c o sus respectivas fórmulas solucionarán este problema.

Las expresiones 3.2.7, 3.2.9 y 3.2.11 son obtenidas de un procedimiento similar al señalado para la generación de la expresión 3.2.1, y son:

$$\text{para } Q = 20\,000A \quad (3.2.6)$$

$$\text{de } A = 20 \text{ ft}^2 \text{ hasta } 200 \text{ ft}^2$$

$$\text{y } Q = 400\,000 \text{ Btu/h hasta } 4\,000\,000 \text{ Btu/h}$$

Se tiene que:

$$CFH = 1\,054.6A \quad (3.2.7)$$

$$\text{para } Q = 199\,300A^{0.566} \quad (3.2.8)$$

$$\text{de } A = 200 \text{ ft}^2 \text{ hasta } 1\,000 \text{ ft}^2$$

$$\text{y } Q = 4\,000\,000 \text{ Btu/h hasta } 9\,950\,000 \text{ Btu/h}$$

Se tiene que:

$$CFH = 10\,509.1A^{0.566} \quad (3.2.9)$$

$$\text{para } Q = 983\,400A^{0.888} \quad (3.2.10)$$

$$\text{de } A = 1\,000 \text{ ft}^2 \text{ hasta } 2\,800 \text{ ft}^2$$

$$\text{y } Q = 9\,950\,000 \text{ Btu/h hasta } 14\,090\,000 \text{ Btu/h}$$

Se tiene que:

$$CFH = 50\,800.1A^{0.888} \quad (3.2.11)$$

Donde:

A = Área mojada expuesta, en ft^2 .

CFH = Requisito de ventilación, en ft^3/h , de aire libre.

La capacidad de flujo es basada sobre la adopción de que el líquido almacenado tendrá las características del hexano y el vapor

liberado ha sido transportado a aire libre equivalente a 60°F (15.6°C) y 14.7 psia (101.3kPa), empleando apropiados factores en la siguiente expresión:

$$CFH = \frac{70.5Q}{L M^{0.50}} \quad (3.2.3)$$

Donde:

70.5 Es el factor para convertir libras de gas a pies cúbicos de aire libre;

Q= Calor total absorbido por hora, expresado en Btu;

L= Calor latente de vaporización del líquido específico, en Btu/lb;

M= Peso molecular del líquido.

No ha sido tomada ninguna consideración por posible expansión del vapor calentado arriba del punto de ebullición del líquido, su calor específico, o la diferencia de densidad entre la temperatura de descarga y 60°F (15.6°C), después de que algunos de estos cambios tienen compensación.

Las válvulas de ventilación de los tanques son ordinariamente clasificadas en CFH (ft³/h) de aire estándar, las figuras derivadas de la Tabla 3.2 pueden ser utilizadas con la apropiada presión del tanque como una base para la selección de las válvulas.

Las Tablas 3.5a y 3.5b proporcionan una variedad de constantes de productos químicos, que pueden ser utilizados para calcular el vapor generado y aire libre equivalente para otros líquidos diferentes al hexano, donde una mayor aproximación sea deseable. Al observar estas tablas se podrá notar que el empleo del hexano en la Tabla 3.2 derivada, proporciona resultados que están dentro de un grado aceptable de precisión para los líquidos listados. Las ecuaciones generadas para el desarrollo de las Tablas 3.2 y la gráfica de la figura 3.7 fueron derivadas por separación y combinación de las tres ecuaciones, de acuerdo a sus intervalos señalados. Estas ecuaciones están dirigidas para proporcionar una

estimación suficientemente adecuada de calor absorbido por un tanque expuesto a un incendio, de tal manera, que cualquier cálculo de la capacidad de flujo requerido de ventilación de emergencia es adecuadamente conservador.

La capacidad total de ventilación de alivio de emergencia para cualquier específico líquido estable puede ser determinada por la fórmula siguiente:

$$\text{ft}^3/\text{h de aire libre} = V \frac{1\ 337}{L\ M^{0.50}} \quad (3.2.12)$$

Donde:

V = ft^3/h de aire libre, obtenido de la Tabla 3.2;

L = Calor latente de vaporización del líquido en estudio, en Btu/lb;

M = Peso molecular del líquido en estudio;

$LM^{0.50}$ = Puede ser obtenido de las Tablas 3.5a ó 3.5b, o de otras.

Para muchas sustancias, notablemente los alcoholes, el valor $LM^{0.50}$ es mayor que 1 337. Este párrafo permite ventilas de emergencia más pequeñas para tanques almacenando dichos líquidos. Sin embargo, los tanques pueden más tarde ser empleados para diferentes líquidos que aquellos para los cuales fueron originalmente dirigidos; así, se deberán tomar precauciones cuando la aceptación de una ventila tenga menor capacidad que la que requiriese para el n-Hexano.

Para tanques que almacenen líquidos estables, la capacidad del flujo de aire requerida de acuerdo a las ecuaciones 3.2.7, 3.2.8 y 3.2.11 ó 3.2.12, o la derivada de las Tablas 3.2a, b y c, puede ser multiplicada por un factor adecuado listado en la Tabla 3.6, cuando la protección es prevista como se señala. Solo un factor puede ser utilizado para cualquier tanque.

TABLA 3.5a VALORES DE $LM^{0.50}$ PARA VARIOS LIQUIDOS INFLAMABLES

PRODUCTO QUIMICO	VALOR $LM^{0.50}$	PESO MOLECULAR M	CALOR DE VAPORIZACION EN EL PUNTO DE EBULLICION, L. EN BTU/Lb.
Acetaldehido	1673	44.05	252
Acido acético	1350	60.05	174
Anhidrido acético	1792	102.09	177
Acetona	1708	58.08	224
Acetonitrilo	2000	41.05	312
Acrilonitrilo	1930	53.05	265
Alcohol n-Amilico	2025	88.15	216
Alcohol iso-Amilico	1990	88.15	212
Anilina	1795	93.12	186
Benceno	1493	78.11	169
Acetato n-Butilico	1432	116.16	133
Alcohol n-Butilico	2185	74.12	254
Alcohol iso-Butilico	2135	74.12	248
Bisulfuro de carbón	1310	76.13	150
Clorobenceno	1422	112.56	134
Ciclohexano	1414	84.16	154
Ciclohexanol	1953	100.16	195
Ciclohexanoano	1625	98.14	164
o-Diclorobenceno	1455	147.01	120
cis-Dicloroetileno	1350	96.95	137
Diethyl-amina	1403	73.14	164
Dimetil acetamida	1997	87.12	214
Dimetil amina	1676	45.08	250
Dimetil formamida	2120	73.09	248
Dioxano(Eter dietileno)	1665	88.10	177
Acetato de etilo	1477	88.10	157
Alcohol etilico	2500	46.07	368

TABLA 3.5b VALORES DE $LM^{0.50}$ PARA VARIOS LIQUIDOS INFLAMABLES

PRODUCTO QUIMICO	VALOR $LM^{0.50}$	PESO MOLECULAR M	CALOR DE VAPORIZACION EN EL PUNTO DE EBULLICION, L. EN BTU/Lb.
Cloruro de etilo	1340	64.52	167
Dicloruro de etileno	1363	98.97	137
Eter etilico	1310	74.12	162
Furán	1362	68.07	165
Furfural	1962	96.08	200
Gasolina	1370-1470	96.00	140-150
n-Heptano	1363	100.20	138
n-Hexano	+ 1337 +	86.17	144
Hidrógeno cyanide	2290	27.03	430
Alcohol metílico	2680 †	32.04	474
Metil, etil cetona	1623	72.10	191
Metil metacrilato	1432	100.14	143
n-Octano	1412	114.22	132
n-Pentano	† 1300	72.15	153
Acetato n-Propílico	1468	102.13	145
Alcohol n-Propílico	2295	60.09	296
Alcohol iso-Propílico	2225	60.09	287
Furan tetrahidro	1428	72.10	168
Tolueno	1500	92.13	156
Acetato de vinilo	1532	86.09	165
o-Xileno	1538	106.16	149

TABLA 3.6 FACTOR PARA REDUCCION DE LA VENTILACION

FACTOR	CONDICION O CARACTERISTICA DE PROTECCION
0.50	Con drenaje de acuerdo a la sección EMBALSAMIENTO REMOTO, para tanques mayores de $18.6m^2(200ft^2)$ de área mojada.
0.30	Con rocío de agua, de acuerdo con la norma NFPA 15 (3), y drenaje de acuerdo a la sección EMBALSAMIENTO REMOTO.
0.30	Con aislamiento, de acuerdo a la sección AISLAMIENTO TERMICO.
0.15	Con rocío de agua, y aislamiento de acuerdo a la sección AISLAMIENTO TERMICO, y drenaje de acuerdo a la sección EMBALSAMIENTO REMOTO.

Dispositivos de ventilación

Para los diferentes dispositivos de ventilación se señala lo siguiente:

- 1) La capacidad de flujo de los dispositivos de ventilación de tanques, menores de 20 cm (8 in) de tamaño nominal de tubería deberá ser determinado por pruebas reales de cada tipo y tamaño de ventila. Estas dos pruebas pueden ser conducidas por el fabricante si es certificado por un calificado observador imparcial, o puede ser conducido por una calificada agencia exterior imparcial. La capacidad de flujo del dispositivo de ventilación del tanque de 20 cm de tamaño nominal de tubería y mayor, incluyendo registros cubiertos con largos pernos o equivalentes, pueden ser calculados con la condición de que la presión de apertura sea realmente medida. la evaluación de la presión y la correspondiente área libre del orificio son establecidos, la palabra calculada aparece en los datos de placa, y los cálculos son basados sobre un coeficiente de flujo de 0.50 aplicado al valor del área del orificio.

2) Una adecuada fórmula para este cálculo es:

$$CFH = 1\ 687\ C_a\ A\ (P_{INT} - P_{EXT})^{0.50} \quad (3.2.13)$$

Donde: CFH = Requisito de ventilación, en ft³ de aire libre por hora.

C_a = 0.5 (Coeficiente de flujo).

A = Área del orificio, en in².

P_{INT} = Presión absoluta en el interior del tanque, en in de agua.

P_{EXT} = Presión atmosférica absoluta en el exterior del tanque, en in de agua.

La fórmula 3.2.13 utiliza $C_a=0.50$ como una aproximación para el verdadero coeficiente que sería tomado de un factor básico de orificio, un factor de viscosidad basado sobre el número de Reynolds del vapor, un factor de expansión (debido a la expansión del vapor al dejar el orificio), un factor de temperatura, y un factor del peso específico. El empleo de 0.50 resulta de una estimación conservadora que predecirá una parte mínima de flujo que es realmente el caso, y por lo cual proporciona un pequeño factor de seguridad en algunos.

AISLAMIENTO TERMICO

Los sistemas de aislamiento térmico, para el cual es tomado crédito, deberán cumplir el siguiente criterio de ejecución:

1. Permanecer en el lugar bajo condiciones de exposición a incendio.
2. Resistir desgarramiento cuando esté sujeto a la acción del chorro de manguera durante exposiciones a incendio. Este requisito puede ser renunciado donde se empleen corrientes sólidas de manguera que no sean contempladas o no serían practicadas.

3. Mantener un valor máximo de conductancia de $4.0 \text{ Btu/h/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ cuando el recubrimiento de aislamiento exterior o la cubierta esté a una temperatura de 1650°F (904.4°C) y cuando la temperatura media del aislamiento sea de $1\ 000^\circ\text{F}$ (537.8°C).

JUSTIFICACION DE LOS FACTORES DE REDUCCION DE LA VENTILACION

Se señala en los párrafos siguientes la justificación para el uso de los factores de reducción de la capacidad de ventilación (5):

1. La sección EMBALSAMIENTO REMOTO especifica que el incendio derramado no debe exponer seriamente un tanque. Un 50 por ciento del factor es razonable.
2. Trabajos experimentales resumidos en la Sección A-4.4.3.2 de la norma NFPA 15 (3), señala que el calor absorbido para tanques protegidos es reducido en aproximadamente 8 000 Btu/h/ft^2 de superficie expuesta a incendio y mojada por los contenidos, y 8 000 dividido por 20 000 es 30 por ciento. Sin embargo, este factor no será utilizado a menos que el aprovisionamiento de agua al sistema sea adecuado para mantenerlo operando hasta que la emergencia haya concluido, teniendo presente otras probables demandas sobre el suministro de agua. Debe considerarse que los sistemas de agua atomizada están sujetas a taponamiento interno y daño por explosión.
3. Los requisitos de aislamiento no son tan específicos como ellos parecen. La sección AISLAMIENTO TERMICO especifica que el aislamiento permanezca en el lugar bajo condiciones de exposición a incendio, aunque ninguno de éstos o los otros requisitos insisten que tales aislamientos queden ilesos después del incendio y por la acción del chorro de agua. Es suficiente que permanezca funcional mientras sea expuesto a incendio. Por ejemplo, los cristales de espuma y los silicatos hídricos de calcio retenidos por las bandas de acero inoxidable pueden dar protección por varias horas, particularmente si se colocan en multicapas con las juntas traslapadas. Puede ser necesario reemplazarlas después de que

el incendio ha terminado. Solo los materiales como lana mineral y materiales refractarios son probables que sobrevivan un incendio severo, sin que necesiten ser reemplazadas. Existe una buena discusión de sistemas de aislamiento en el National Academy of Sciences Publications, Pressure-Relieving Systems for Marine Cargo Bulk Liquid Containers (54).

Hay un dicho que dice una *emergencia siempre será una emergencia*, y a pesar de lo expuesto anteriormente, los tamaños de las ventilas de emergencia nunca serán reducidos sin hacer caso del permiso concedido para tal efecto.

Las salidas (desaguaderos, orificios de salidas) de todos los venteos y ventilas de drenaje en tanques equipados con ventilación de emergencia para permitir presiones excedentes de 2.5 psig (17.2 kPa) deberán tener un arreglo para descargar de tal forma que eviten sobrecalentamiento localizado o la incidencia de flama sobre cualquier parte del tanque, en el evento de vapores a partir de que las ventilas sean inflamadas.

TUBERIA DE VENTILACION PARA TANQUES SUPERFICIALES

Donde existan salidas de descargas de las tuberías de venteo para tanques que almacenen líquidos Clase I adyacentes a edificios o caminos públicos, aquellas serán localizadas de forma tal que los vapores sean liberados a un punto seguro exterior de los edificios y no menos de 3.8 m (12 ft) sobre el adyacente nivel del terreno o piso terminado. Por regla general, para ayudar su dispersión, los vapores serán descargados en dirección ascendente u horizontal hacia muros cerrados adyacentes. Los orificios de salida de las ventilas se localizarán de forma que los vapores inflamables no sean atrapados por aleros u otras obstrucciones, y quedarán al menos a 1.50 m (5 ft) de las salidas o aberturas de edificios.

Esta sección se refiere solo a peligros de incendio y explosión. La localización terminal de las ventilas puede no ser recomendable si los vapores son además tóxicos, irritantes,

corrosivos, o desagradables al olfato.

La distancia 1.50 m (5 ft) de separación a las salidas o aberturas de los edificios y los 3.6 m (12 ft) de altura sobre el nivel de piso, están basados en una estimación ingenieril de la distancia a una concentración ignicible de vapores que pueden existir alrededor del extremo de una tubería de ventilación. Si el peligro se extiende a 1.50 m hacia abajo, esta holgura tiene 3.60 m menos 1.50 m (2.10 m) sobre el nivel de piso, de tal forma que la ignición por un conductor o un caminante fumando no ocurrirá. El tamaño del volumen inflamable peligroso puede ser estimado tomando el ejemplo del hexano. Una esfera de 1.50 m de radio tiene un volumen de 14.8 m^3 ; siendo que el mínimo límite inflamable es de alrededor de uno por ciento y requeriría 0.148 m^3 de vapor de hexano. A 15.6°C (60°F), el hexano tiene una presión de vapor de 100 mm de mercurio (13.3 kPa), así los vapores que salen de la ventila serían 100/760; o sea 13% de hexano, que es demasiado rico para encender. Estos vapores producirían $0.148/0.13$ de vapor, es decir 1.138 m^3 , más de lo suficiente para llenar los 1.50 m de radio de esfera con una mezcla en el mínimo límite inflamable. Ahora consideremos que el vapor es descargado hacia el aire en movimiento a 1.609 Km/h (1 mph); esto es inferior a 1 en la Escala de Beaufort, en cuyo punto las hojas de los árboles no se mueven y el humo asciende verticalmente. Los vapores serían diluidos fuera del rango peligroso, antes de que ellos llenen un volumen de esfera de 1.50 m de radio. La conclusión es que la regla de 1.50 m da una amplia protección.

Cuando la tubería de ventilación sea modificada por la adición de detalles, tales como dispositivos para absorber o adsorber componentes no deseados del flujo que está siendo ventilado, los dispositivos no restringirán ondulatoriamente el flujo de vapores. También, la tubería no deberá ser modificada en forma tal que la acumulación de líquido en puntos bajos podría provocar despresurización del tanque o funcione una acción de sifonamiento que podría implotar el tanque.

Los múltiples de descarga de las tuberías de venteo de los tanques se deberán evitar, excepto cuando se requieran para propósito especial, tal como la recuperación de vapor, conservación de vapor, control de polución del aire. Cuando las tuberías de venteo de los tanques formen un múltiple, el tamaño de la tubería deberá ser adecuado para descargar, dentro de los límites de presión del sistema, los vapores que de ellos pueden ser requeridos para ser manejados cuando los tanques en múltiple estén sujetos a la misma exposición de incendio.

Los múltiples de las tuberías de venteo crean un peligro potencial de explosión, pues el sistema completo de venteo puede, al mismo tiempo, contener una mezcla vapor-aire en el rango inflamable. Los arrestadores de flama listados que son diseñados para prevenir la propagación de la flama a través de la tubería, deben ser instalados dentro de una distancia especificada a partir del extremo abierto de la tubería. El listado está basado en la ignición en el extremo abierto, donde la presión es inicialmente la atmosférica. En los sistemas de tuberías contempladas en esta sección, la ignición puede ocurrir en uno de los tanques y propagarse ascendiendo hacia el extremo abierto.

En un sistema de ventilación la propagación de la flama puede ocurrir en ambas direcciones.

Los múltiples de distribución de ventilación de recipientes operando bajo presión pueden generar una ignición tipo-diesel de mezclas inflamables en callejón sin salida del sistema de venteo, debido a la acumulación de la presión.

Se deberá evitar la formación de un cabezal común de los tubos de ventilación para tanques almacenando líquidos Clase I, con tubos de ventilación para tanques almacenando líquidos Clase II o Clase III, a menos que un medio positivo sea provisto para evitar que los vapores de los líquidos Clase I entren a los tanques de líquidos Clase II o Clase III, para prevenir contaminación y un posible cambio en la clasificación de los líquidos menos volátiles.

Un método práctico para prevenir tal contaminación es introduciendo un flujo bajo de gas inerte, en la ventilación de cada tanque almacenando líquido Clase II o Clase III. Cabe mencionar que el aire no podrá ser utilizado.

OTROS ORIFICIOS DIFERENTES A LAS VENTILAS PARA TANQUES SUPERFICIALES

Cada conexión para circulación del líquido que pueda fluir normalmente, se deberá instalar con una válvula interna o externa, localizada tan cercana como sea práctico al cuerpo del tanque.

Debido a que la reparación o mantenimiento de las válvulas internas comunmente requieren que los tanques sean vaciados, estas son rara vez utilizadas en tanques de gran capacidad.

Toda conexión situada por debajo del nivel del líquido a través de la cual el líquido no circulará normalmente, será provista con cierres a prueba de fugas. Esto puede conseguirse con una válvula, un tapón o tapa ciega, o una combinación de ellas; debido a que la válvula puede ser operada por error, provocando un derrame del líquido, es recomendable tapar u obstruir la salida de cualquier válvula no pensada para propósitos de operación inmediatamente después de que sea instalada.

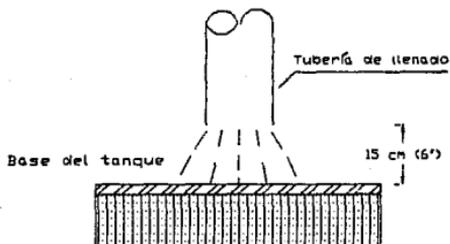
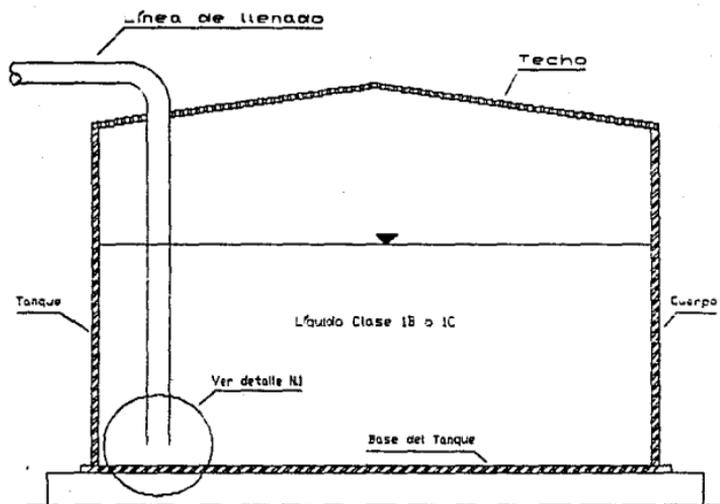
Las aberturas para calibración o aforo de tanques para líquidos Clase I deben ser instalados con una capa o cubierta a prueba de vapor. Tales cubiertas deberán estar cerradas cuando no se afore.

Las aberturas para calibración también pueden ser utilizadas para toma de muestras. Las copas metálicas, flotadores, etc., deberán contar con una continuidad eléctrica con el cuerpo del tanque para evitar la posibilidad de ignición por descarga estática y un período de relajación estática de 30 minutos debe concederse antes de que el muestreo o aforo manual después de que un tanque

sea llenado, a menos de que el tanque esté preparado con un tubo de muestreo. Aunque la atmósfera en un tanque conteniendo líquido Clase I es normalmente demasiado rica para arder, los vapores escapando de la abertura de muestreo pueden formar una zona peligrosa en la vecindad inmediata. Si el tanque esta siendo vaciado o ha tenido recientemente líquido que ha sido retirado de él, gran parte del espacio de vapor en el tanque puede estar en el rango inflamable, y la ignición puede propagarse hacia el tanque, provocando una explosión.

Para líquidos Clase IB y Clase IC diferentes de los petróleos crudos, gasolinas y asfaltos, la tubería de llenado deberá ser diseñada e instalada para minimizar la posibilidad de generación de electricidad estática. Una tubería de llenado entrando por el techo del tanque deberá terminar dentro de los 15 cm (6 in) de la base del tanque y será instalada de tal manera que no tenga vibración excesiva. La excepción indicada para petróleos crudos y asfaltos reconoce que estos tienen una baja resistividad eléctrica, tal que la generación estática no ha resultado ser un problema; y además, la gasolina normalmente tiene una mezcla vapor-aire en su superficie demasiado rica para ser ignicible, así que la generación estática no es posible. La manera en la cual el líquido es admitido a un tanque y pueda causar turbulencia, particularmente si la entrada de la tubería termina sobre la superficie del líquido, por lo cual, es requerido en este caso llevar el extremo terminal de descarga de la tubería cerca de la base del tanque [16]; ver figura 3.8.

Existen muchas formas para acumular carga estática en un líquido. La neblina (vapor) cargada puede resultar cuando el flujo de llenado choca contra el interior del tanque, formando finas gotitas. El flujo de líquido a través de una tubería genera una carga en el líquido; el efecto es más pronunciado a velocidades altas del fluido y es más enfatizada si éste implica dos o más fases. En el caso específico del llenado de un tanque, la cantidad de carga estática se acumula cuando el volumen es incrementado en el tanque. En algunos casos, la carga alcanza tan altos niveles que



Detalle N1

Figura 3.8 Una tubería de llenado entrando por el techo del tanque deberá terminar dentro de los 6" de la base del tanque y deberá sujetarse para evitar vibración excesiva.

escapa espontáneamente hacia objetos aterrizados por una corona de descarga no incendiable, en lugar de una gradual disipación de energía (Esto no ocurrirá en líquidos en los cuales la resistividad es menor de 10^{10} ohm-centímetros; donde las cargas son capaces de emigrar demasiado fácilmente hacia el líquido y recombinarse). Al mencionar el término no incendiable, significa que, a pesar de que el voltaje es suficientemente alto para causar descarga, existe energía insuficiente para generar ignición.

El riesgo de generación de una chispa ignicible se incrementa dramáticamente cuando un cargado, fluido de alta-resistividad, fluye sobre o adyacente a un conductor aislado. Este conductor acumulará una carga estática. Si el conductor aislado es, después, llevado próximo a un conductor aterrizado, una descarga inmediata ocurre en forma de una chispa de relativamente alta energía, usualmente demasiado arriba del requerido para ignición de una atmósfera inflamable.

Conductores no aislados deberán ser introducidos dentro de los sistemas que sean propensos para generación estática. Esto incluye flotadores metálicos en medidores de nivel de líquido, copas de muestreo metálicas o flotadores de madera o cuerdas de nylon, partes metálicas o tubos inmersos en plástico, y partes metálicas aisladas en equipo eléctrico intrínsecamente seguro [16][38].

Las conexiones de llenado y vaciado para líquidos Clase I, Clase II y Clase IIIA que vayan a ser instalados y con posibilidad de romperse, deberán quedar localizados fuera de los edificios, en un lugar libre de cualquier fuente de ignición y a no menos de 1.50 m (5 ft) lejos de cualquier abertura de edificio. Tales conexiones para cualquier líquido deberán ser cerradas y a prueba de líquido cuando no estén en uso y deberán ser identificadas adecuadamente.

3.3 CIMENTACION, SOPORTE Y ANCLAJE DE LOS TANQUES

Los tanques deberán apoyarse sobre el terreno o sobre una cimentación hecha de concreto, mampostería, pilotes o acero. Las

cimentaciones de los tanques deberán ser diseñados para minimizar la posibilidad de asentamiento diferencial del tanque y para minimizar la corrosión de cualquier parte del tanque apoyado sobre la cimentación [36].

Cuando los tanques son soportados sobre una cimentación, los soportes de los tanques deberán ser instalados sobre una cimentación firme. Los soportes para tanques almacenando líquidos Clase I, Clase II o Clase IIIA deberán ser de concreto, mampostería, o de acero protegido. Los soportes sólidos de madera estructural orientada horizontalmente pueden ser utilizados para tanques superficiales exteriores, si no es mayor de 30 cm (12 in) la altura de su punto más bajo.

Se prohíben los soportes de acero no protegidos. La experiencia ha demostrado que son debilitados [8], fallando justamente después de una breve exposición a incendio, provocando ruptura de la tubería y una posible fuga de los contenidos del tanque. La excepción para soportes sólidos de madera estructural menores de 30 cm de altura está basado sobre la combustión ligera, que es una característica de la *madera estructural dura* [28]. Debe hacerse notar que este requisito es con el propósito de aplicarlo a tanque fijos exclusivamente.

Los soportes de acero o la cimentación de pilotes expuesta; para tanques almacenando líquidos Clase I, Clase II o Clase IIIA deberán ser protegidos por materiales resistentes a incendio de clasificación no menor de 2 horas, excepto para el acero montado que no necesita estar protegido si se encuentra a menos de 30 cm de altura a su punto más bajo. Al criterio de la autoridad que tenga jurisdicción, la protección de agua de chorro en rocío de acuerdo a la norma NFPA 15 [3] o NFPA 13 [2] o equivalente puede ser empleado.

El diseño de la estructura de sustentación para tanques tales como esferas, deberán requerir especial consideración ingenieril. El apéndice N de la norma API 620 [35] proporciona información

relacionada con la estructura de sustentación.

Tanques en áreas sujetas a inundación

Cuando un tanque esté localizado en una zona sujeta a inundación, deberán tomarse provisiones para prevenir que los tanques, en cualquiera de las dos condiciones (llenos o vacíos) de flotación, durante una elevación del nivel del agua al máximo nivel de inundación establecido.

En muchos casos, la altura del nivel del agua ha hecho flotar al tanque lleno o parcialmente lleno de su cimentación, provocando una situación peligrosa en otras áreas. Los requerimientos en el párrafo siguiente están encaminados para prevenir tales incidentes.

Tanques Superficiales

Un tanque localizado de acuerdo con los requisitos siguientes no flotará si son llenados con gasolina ($D_r = 0.70$). Puede flotar si está parcialmente lleno exclusivamente. Para evitar la posibilidad de que un tanque pudiera no estar lleno al tiempo de una inundación, la disponibilidad de un suministro de agua para llenar el tanque en caso de una inundación emergente, es requerido en uno de los párrafos posteriores.

Cada tanque vertical deberá ser localizado de tal forma que su máxima altura se extienda por encima del máximo nivel de inundación por lo menos 30 % de su capacidad de almacenamiento permisible.

Los tanques horizontales localizados de tal manera que más del 70 % de la capacidad de almacenamiento del tanque esté sumergido al nivel de inundación establecido, deberá ser anclado; sujetado a una cimentación de concreto o de acero y concreto de suficiente peso para proveer carga suficiente para el tanque, cuando sea llenado con líquido inflamable o combustible y sumergido por inundación de agua al nivel de inundación establecido; o adecuada seguridad para flotación por otros medios. La ventilación de los tanques u otros

orificios, los cuales no sean a prueba de líquidos, deberán prolongarse por arriba del máximo nivel de inundación.

La estricta limitación sobre la localización es relajado en el caso de tanques horizontales, porque este tipo de tanques pueden ser más confiablemente anclados. Sin embargo, no es práctico proveer anclamiento para un tanque vacío y las provisiones para el llenado con agua al tanque es por lo tanto requerido.

Un confiable suministro de agua deberá ser disponible para el llenado de un tanque vacío o parcialmente lleno, excepto donde el llenado del tanque con agua sea impráctico o peligroso por los contenidos del tanque, los tanques deberán ser protegidos por otros medios contra movimiento o colapso.

Los tanques esféricos o esferoides deberán ser protegidos por métodos aplicables como es especificado tanto para los tanques verticales u horizontales.

Tanques Enterrados (Subterráneos)

Se ha tenido conocimiento de que este tipo de tanques han flotado, saliendo hacia el exterior del terreno si son expuestos a un nivel alto del agua o a corrientes. Los métodos para prevenir estos efectos, son descritos en los párrafos siguientes (Ver figura 3.9).

En las zonas donde exista un amplio y confiable suministro de agua disponible, los tanques subterráneos conteniendo líquidos inflamables o combustibles, instalados de tal manera que más del 70% de su capacidad de almacenamiento estará sumergido en el máximo nivel de inundación, deberán ser anclados, cargados o asegurados de tal manera que eviten su movimiento cuando sean cargados o llenados con agua y sumergidos por la corriente de agua al nivel de inundación establecido. La ventilación del tanque u otros orificios que no sean herméticos a líquidos deberán prolongarse más allá del nivel máximo de inundación o corriente del agua.

En los lugares en donde no exista un amplio y confiable suministro de agua disponible o donde el llenado de tanques subterráneos con agua sea impráctico o peligroso por el tipo de contenidos, cada tanque deberá ser salvaguardado contra movimiento cuando este vacío y sumergido bajo el nivel de agua freático o corrientes de agua, con anclajes o con otros métodos seguros. Los tanques deberán ser construidos e instalados de tal forma que resistan con seguridad la presión externa si son sumergidos. Los métodos confiables para utilización de agua a partir de la propia corriente será considerada aceptable.

Llenado de agua

El llenado de un tanque para ser protegido por medio de agua, deberá ser iniciado tan pronto como la sobre-elevación del agua sea pronosticado para alcanzar un nivel de inundación peligroso. Donde las bombas de combustión independientes para agua sean confiables, deberá ser disponible suficiente combustible hasta que todos los tanques sean llenados. Las válvulas de los tanques deberán tener una llave en su posición de cerrado cuando ha sido concluido el llenado.

Instrucciones de operación

Las instrucciones o procedimientos de operación serán seguidas de una inundación de emergencia y deberán ser dispuestas lo más sencillamente posible.

Sobretodo, el personal capacitado deberá ser informado para llevar a cabo las instrucciones por el evento emergente de inundación, debiendo conocer la localización y operación de válvulas y otros equipos necesarios para cubrir los propósitos de estos requerimientos.

En zonas sujetas a sismos, los soportes de los tanques y las conexiones deberán ser diseñadas para resistir el daño provocado por tales choques.

3.4 FUENTES DE IGNICION

En localizaciones donde los vapores inflamables pueden estar presentes, deberán tomarse precauciones para prevenir ignición eliminando o controlando las fuentes de ignición. Las fuentes de ignición pueden incluir: flamas abiertas, descargas por relámpago, fumadores, cortadoras o soldadoras, superficies calientes, calor producido por fricción, arcos eléctricos, electricidad estática o mecánica, ignición espontánea, reacciones químicas y físico-químicas, y calor radiante. La norma NFPA 77 [18] proporciona información sobre esta protección.

Las precauciones pueden incluir prohibición de fumadores y materiales humeantes en el área, restricciones sobre el acceso de personal no autorizado, control de las operaciones de corte y soldadura por un sistema adecuado, etc. Debe entenderse claramente que el control de las fuentes de ignición son el primer paso de defensa. La prevención del escape de vapores y líquidos inflamables deberá ser el primer objetivo.

3.5 PRUEBAS DE LOS TANQUES PREVIAS A SU PUESTA EN SERVICIO

Todos los tanques, sean construidos en planta o erectos en campo, deberán ser probados antes de que sean puestos en servicio de acuerdo al párrafo aplicable del Código bajo el cual son construidos.

La marca del código ASME o marcas listadas de los Laboratorios Underwriters Inc. sobre un tanque, será evidencia del cumplimiento de esta prueba. Los tanques no marcados de acuerdo con los anteriores Códigos, deberán probarse antes de que sean puestos en servicio, de acuerdo con principios de ingeniería recomendables, haciéndose referencia a las secciones sobre pruebas de los códigos.

Cuando la longitud vertical de la línea de llenado y ventilación sea tal que cuando este llena, la altura estática

impuesta sobre la base del tanque exceda de 10 psig (0.703 Kg/cm²), el tanque y la tubería relacionada deberán ser probadas hidrostáticamente a una presión igual a la carga estática así impuesta. En casos especiales, donde la altura de la ventila arriba del techo del tanque sea excesiva, la presión de la prueba hidrostática deberá ser determinada utilizando reconocidas prácticas de ingeniería.

El propósito es que el tanque sea probado a la presión que sería desarrollada si el tanque fuera accidentalmente sobrellenado, provocando que el líquido se eleve en la línea de ventilación. Sin embargo, bajo ninguna circunstancia la presión deberá exceder la presión de diseño del tanque (Ver figura 3.10).

En adición a la prueba descrita en párrafos anteriores, todos la tanques y conexiones deberán ser probados a hermeticidad. Excepto para tanques subterráneos, esta hermeticidad deberá ser probada a la presión de operación con aire, gas inerte o agua antes de que sea puesto en servicio. En el caso de tanques montados en campo, la prueba indicada en esos mismos párrafos puede ser considerada para la prueba de hermeticidad del tanque. Los tanques enterrados y las tuberías antes de que sean cubiertas, o puestos en servicio, deberán ser probados por hermeticidad hidrostáticamente, o con aire a presión a no menos de 3.0 psig (0.211Kg/cm²) y no más de 5.0 psig (0.352 Kg/cm²). El aire a presión no deberá ser utilizado para probar los tanques que contengan líquidos o vapores inflamables o combustibles.

Los medios positivos, tal como una válvula de alivio o regulador, deberá ser incorporado en el suministro de aire para asegurar que la presión de prueba no exceda lo especificado. Las pruebas con aire no deberán realizarse sobre el producto almacenado, realizándose siempre antes de llenar con gasolina o cualquier otro líquido el tanque, además, tampoco debe practicarse en tanques que han sido vaciados, y no han sido purgados de los vapores remanentes. Estas son precauciones de seguridad para prevenir la generación de una atmósfera inflamable en el tanque.

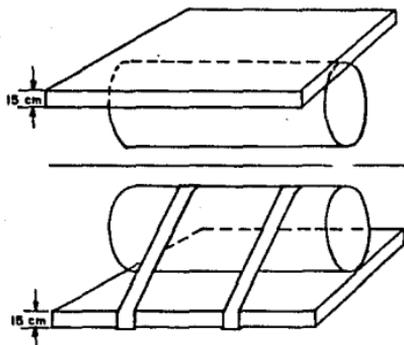


Figura 3.9 Un método para evitar la flotación es localizar sobre el tanque una losa de concreto reforzado de 15 cm de espesor, sobresaliendo 30 cm fuera del tanque en todas direcciones. Un segundo método, por medio de una base de concreto reforzado de 15 cm de espesor localizada en el fondo de la excavación. Bandas de anclaje son colocadas sobre el tanque y fijadas a la losa de concreto. Con cualquiera de estos métodos, el peso del concreto compensa la flotación del tanque.

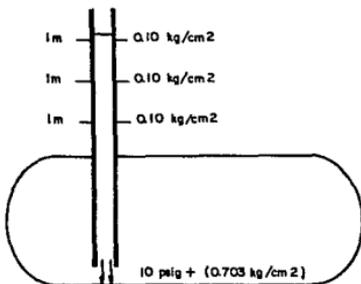


Figura 3.10 Si la longitud vertical de la tubería de llenado y venteo es tal que, cuando sea llenada con líquido, la carga estática impuesta a la base del tanque excede 10 psig (0.703 kg/cm²), entonces el código especifica que el tanque y la tubería relativa serán probados hidrostáticamente a una presión igual a la carga estática del llenado. Cuando sea llenada con agua por ejemplo, tales tuberías pueden aumentar la presión hidrostática sobre la base del tanque en 0.10 kg/cm² por cada metro de tubería vertical sobre el techo superior del tanque.

Antes de que el tanque sea puesto en servicio por primera vez, todas las salidas y deformaciones deberán ser corregidas de forma aceptable. El calafateado mecánico no es permitido para corrección de salientes en tanques soldados, excepto en los agujeros de las salidas en el techo.

Los tanques que son operados a una presión menor que su presión de diseño pueden ser probados por las provisiones aplicables descritas en esta sección, basados sobre la presión desarrollada bajo completa ventilación de emergencia del tanque.

Cualquier tanque subterráneo que ha sido reparado o alterado y se sospeche de fugas, deberá probarse de manera satisfactoria por la autoridad que tenga jurisdicción. Se recomienda consultar la norma NFPA 329 [23] para mayor información sobre los métodos de prueba.

3.6 PROTECCION A INCENDIO E IDENTIFICACION

Un sistema de extinción de incendio, de acuerdo con alguna norma NFPA aplicable, deberá ser provisto o dispuesto para tanques de almacenamiento atmosféricos verticales de techo fijo mayores de 50 000 galones (189 250 litros) de capacidad, almacenando líquidos Clase I, si son localizados en un área congestionada donde exista una inusual exposición peligrosa hacia el tanque a partir de propiedades adyacentes o a una propiedad adyacente a partir del área de tanques. Los tanques de techo fijo almacenando líquidos Clase II o Clase III a una temperatura por debajo de sus puntos de inflamación y los tanques de techo flotante almacenando cualquier líquido, generalmente no requieren protección cuando son instalados dentro del cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad señaladas al principio de este capítulo.

Los sistemas de extinción de incendios no son requeridos para tanques pequeños de techo fijo, pues estos tanques son ocasionalmente envueltos en incendio. Si ellos fueran envueltos, existe un pequeño riesgo en el que el incendio se extienda. El

incendio propagado (derramado) no puede ser extinguido por equipo diseñado para tanques encendidos, y tales incendios son usualmente controlados por Departamentos Públicos Contra Incendio.

Los espaciamientos señalados en la Tabla 2.3 están basados sobre las consideraciones contenidas en esta sección.

La aplicación de la norma NFPA 704 [27], para tanques de almacenamiento conteniendo líquidos no deberá ser requerida excepto cuando los contenidos tienen una sanidad o un grado de reactividad de peligro de 2 o más o una rapidez de inflamabilidad de 4. La marcación no necesita ser aplicada directamente al tanque, pero si localizada donde ésta pueda ser fácilmente vista, tal como en el hombro de un camino de acceso o un andador hacia el tanque o tanques, o sobre la tubería exterior del Área del dique. Si más de un tanque está relacionado, las marcaciones deberán ser localizadas de tal forma, que cada tanque pueda ser fácilmente identificado.

3.7 PREVENCIÓN DE SOBRELLENADO DE TANQUES

Los requisitos señalados en esta sección son, en parte, el resultado de un incidente de sobrellenado de un tanque ocurrido en Newark, NJ., USA.

En la edición de 1981 de la norma NFPA 30 [5] la prevención de sobrellenado era requerida solo para tanques... localizados en un área donde el sobrellenado pueda arriesgar una zona habitacional o de asamblea pública. Tres opciones eran permitidas:

- 1) Medición manual a intervalos frecuentes;
- 2) Alarma independiente de nivel alto, localizada en un lugar asistido;
- 3) Alarma independiente de nivel alto con cierre automático.

Como un resultado del incidente, una propuesta fué remitida al Technical Committee (Comité Técnico) para hacer las tres opciones obligatorias. El Comité discutió este asunto en su mayor amplitud, tomando su decisión, y publicando su reporte. Durante subsecuentes

entrevistas, un nuevo número de comentarios fueron remitidos sobre las acciones del Comité, sugiriendo soluciones adicionales o alternativas. De nuevo, el Comité concordó revisar los comentarios, siendo ésta sección la culminación de tales esfuerzos.

El Comité consideró, sin embargo, que cualquiera de los métodos de protección serían adecuados para proporcionar un grado aceptable de seguridad. Así, una selección de entre las cuatro alternativas es libremente permitido. También, defendió y opinó que las terminales de recepción completamente automatizadas, deberían aún ser permitidas, pues su record de seguridad ha sido muy bueno. Si las propuestas originales o muchas de las subsecuentes hubieran sido aceptadas, tales instalaciones tendrían que haber sido prohibidas.

Como una consecuencia adicional del incidente de Newark, el Committee on Safety and Fire Protection of the American Petroleum Institute, encaminó un esfuerzo para desarrollar una guía industrial para protección de sobrellenado. Este esfuerzo culminó en el desarrollo de la norma API 2350 (40), donde se proporcionan adecuados procedimientos, en conjunción con los requerimientos de ésta sección, incluyendo procedimientos tanto para instalaciones asistidas y no-asistidas, y recomendaciones detalladas de procedimientos.

La transferencia de líquidos Clase I de líneas de conducción a las terminales de recepción, o de recipientes marítimos a las terminales, deberán seguir un procedimiento escrito formal para prevenir un sobrellenado de tanques, utilizando uno de los siguientes métodos de protección:

- 1) Medición de los tanques a intervalos frecuentes por personal continuamente en el lugar mismo, durante la recepción del producto con frecuente comunicación probada y mantenida con el abastecedor, de tal forma que, el flujo pueda ser rápidamente cortado o derivado.
- 2) Los tanques equipados con dispositivos de detección de

nivel-alto que sean independientes de cualquier equipo de medición del tanque. Las alarmas deberán ser localizadas donde el personal esté durante la transferencia del producto, para poder disponer rápidamente la detención o derivación.

- 3) Tanques equipados con un sistema de detección de nivel-alto independiente, que automáticamente cerrará o derivará el flujo.
- 4) Alternativas para instrumentación descritos en 2) y 3) donde sean aprobados por la autoridad que tenga jurisdicción como un refuerzo de la protección equivalente.

Los sistemas de instrumentación descritos en 2) y 3) del párrafo anterior deberán ser supervisados eléctricamente o de manera equivalente.

Un procedimiento escrito formal deberá acompañar el requerimiento de prevención de sobrellenado de tanques; debiendo incluir:

- 1) Instrucciones abarcando métodos para verificar la propia línea de llegada y recepción de despacho inicial al tanque designado para recibir el envío.
- 2) Provisiones para entrenamiento y monitoreo de ejecución del personal de operación para supervisión de la terminal.
- 3) Reglas y procedimientos para inspección y prueba del equipo de medición de nivel-alto y sistemas relativos. La inspección y los intervalos de las pruebas deberán ser aceptadas por la autoridad que tenga jurisdicción, pero no deberán de exceder de un año.

3.8 RECOMENDACIONES GENERALES

Localización del área de almacenamiento

Para la localización del área de tanques con respecto a otras áreas o instalaciones, deberá considerarse la dirección de los vientos dominantes y reinantes, para evitar que los gases emitidos por los tanques invadan dichas áreas y en especial a las áreas de quemadores y calentadores a fuego directo [65].

Deberá procurarse que el área interior del dique se proyecte a un solo nivel de plataforma.

En los casos donde se tenga un terreno accidentado, de preferencia esta área se localizará en la parte más baja con respecto a otras instalaciones, a excepción del área para tratamiento de efluentes. Se debe considerar, además, la dirección de los vientos dominantes y reinantes.

Vías de escape y acceso

La localización de vías de escape y acceso para mantenimiento del área interior de los diques, debe ser analizada minuciosamente con el fin de que se ubiquen en lugares libres de obstáculos (corredores de tuberías, cunetas, guarniciones) para agilizar la salida de personal en caso de emergencia [65].

Sistemas de drenaje

Las áreas de almacenamiento y específicamente las comprendidas dentro de los diques o muros de contención, deberán contar con un sistema de drenaje pluvial y aceitoso, con sus respectivas válvulas de bloqueo, con indicación de posición de *abierto-cerrado* y colocadas fuera del dique. Este sistema de drenaje deberá permitir enviar selectivamente las aguas al drenaje pluvial y al aceitoso según se requiera; mediante la interconexión de estos colectores, por medio de válvulas de bloqueo, normalmente cerradas y operadas desde el nivel del piso [65].

Las copas y registros de purga del drenaje aceitoso deberán ser diseñadas de tal manera que evite se introduzca el agua pluvial del área interior del dique [65].

En el registro de entrega de cada colector de purgas de tanques a la red de drenaje aceitoso, se instalará por seguridad un sello hidráulico.

Pueden utilizarse cunetas poco profundas dentro del área interior del dique para la recolección de las aguas pluviales y de contra incendio, así como de pequeños derrames del producto almacenado. La pendiente mínima recomendable será de una milésima para cunetas revestidas y de 2 milésimas para aquellas que no tengan revestimiento. La profundidad máxima recomendable de las cunetas será de 0.30 m y el ancho máximo de 1.50 m [65].

En el caso de que se utilicen subdivisiones a base de guarniciones en el área interior del dique, deberá de proyectarse un sistema de drenaje pluvial independiente para cada área subdividida [5][65].

Venteo y arrestadores de flama

La localización de estos dispositivos en el techo del tanque se deberá hacer de preferencia en la periferia y en un lugar opuesto a la plataforma de medición, en la parte más alejada a la dirección de los vientos dominantes del lugar, en tanto que el registro de medición debe ubicarse en la parte más próxima a la dirección de los vientos dominantes, lugar a donde deberá llegar la escalera del tanque. En cualquier caso, se tendrán las facilidades necesarias como pasillos, barandales, plataformas, pescantes, etc., para poder efectuar la revisión y limpieza de estos dispositivos de seguridad [65].

3.0 EJEMPLO DE APLICACION

EJEMPLO 3.1

DETERMINACION DE DISTANCIAS REQUERIDAS

Consideremos que se desea revisar (o proyectar) la planta mostrada en la figura 3.11 para ubicación de cuatro tanques en una determinada terminal de almacenamiento de combustible. Para lo cual, se debe asegurar que se cumplan los requerimientos de espacio señalados en las normas NFPA [31[22].

Como información se tiene lo siguiente:

- a) Se localizarán dos tanques verticales para almacenamiento de Aceite Combustible N.2. (Punto de inflamación $>37.8^{\circ}\text{C}$, Líquido Clase II).
- b) Se localizarán dos tanques verticales para almacenamiento de Gasolina. (Punto de inflamación desde -20°C hasta 80°C , Líquido Clase I).
- c) Existirá protección a exposiciones.
- d) Los tanques serán construidos de acuerdo a las especificaciones del API 650.
- e) Los tanques tendrán una junta delgada techo a cuerpo.
- f) Diámetro de los tanques 36.00 m.
- g) La altura de los tanques será de 9.144 m (30 pies).
- h) La capacidad bruta de cada tanque será de 9160 m^3 (57 620 Bls.).

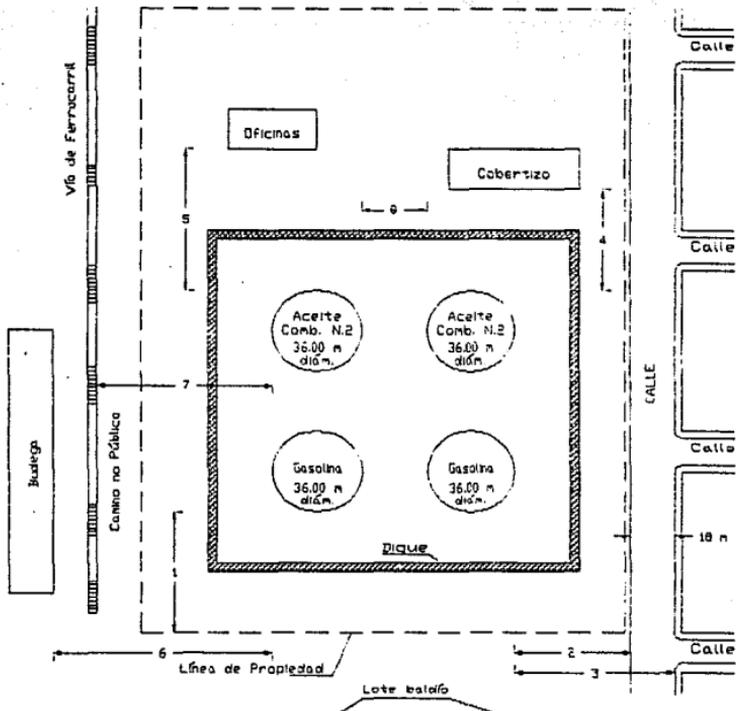
Los puntos importantes que se deben determinar son las distancias requeridas de (Ver figura 3.11):

1. Los tanques de gasolina al lote baldío.
2. Los tanques al lado más cercano de la calle.
3. Los tanques al lado opuesto de la calle.
4. El tanque de aceite combustible al cobertizo.
5. El tanque de aceite combustible al edificio de oficinas.

6. Los tanques a la bodega, en el lado opuesto a la vía de ferrocarril.
7. Los tanques a la línea de propiedad al extremo de la vía de ferrocarril.
8. Un tanque a otro, distancia cuerpo a cuerpo.

Las respuestas se proporcionan en los siguientes puntos (Ver figura 3.12):

1. De acuerdo a la información obtenida, la Tabla 2.2 nos define los espaciamientos para líquidos estables, de acuerdo al tipo de tanque y a la protección proporcionada. Esta tabla señala que para un tanque vertical con protección a exposiciones y con junta delgada cuerpo a techo, la distancia mínima a una línea de propiedad que es o puede ser construida, deberá ser el diámetro del tanque. Por lo cual, la distancia será de 36.00 m.
2. La Tabla 2.2 indica una distancia de 0.333 veces el diámetro del tanque desde el lado más cercano de la calle. En este caso, la distancia será de 12 m.
3. La distancia del lado opuesto de la calle (Tabla 2.2) deberá ser un diámetro del tanque, o sea 36.00 m. Sin embargo, debido a que la calle tiene 18 m de ancho y la distancia más próxima de esta al tanque son 12 m, deberá regir la distancia de 36.00 m al extremo opuesto de la calle. Si la disponibilidad del terreno es favorable, la localización de los tanques podrá modificarse; también, como otra alternativa, se podrían instalar tanques de menor diámetro, por ejemplo de 27 m, cubriendo con esto las dos puntos anteriores. Como otra posible solución, si consideramos como protección un sistema aprobado de espuma, para lo cual se señala una distancia, de 0.50 veces el diámetro del tanque, al lado opuesto de la calle, siendo este valor de 18.00 m; por otra parte, un fuerte cambio de diseño del tanque para incorporar un techo flotante, el



EJEMPLO 3.1
 Figura 3.11 Determinación de distancias requeridas.

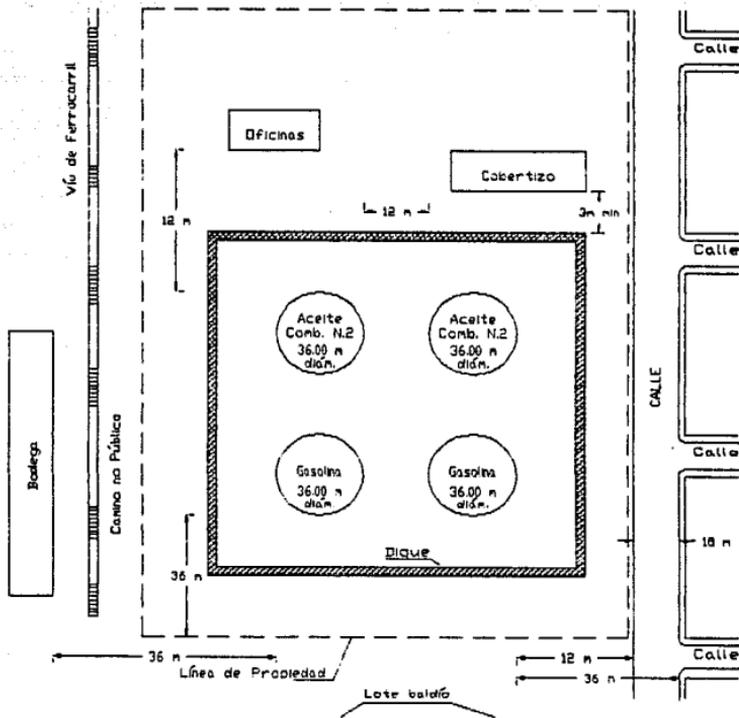


Figura 3.12 Solución del ejemplo 3.1

cual disminuiría la distancia requerida a 0.5 veces el diámetro del tanque.

4. Debido a información adicional, podemos asumir que el cobertizo constituye un edificio sin importancia dentro del predio de la terminal. Luego entonces, no existe un requisito específico de distancia. Naturalmente, el cobertizo no puede ser localizado dentro del área del dique, así una mínima distancia de 3.0 m a partir del talón exterior del dique es proporcionada actualmente para maniobrabilidad de tubería requerida y para permitir el acceso para maniobras contra incendio y para proporcionar protección, dependiendo de la disponibilidad de espacio.
5. El edificio de oficinas debe ser considerado una importante estructura de la misma propiedad, partiendo de que es un edificio ocupado. La Tabla 2.2 aconseja una distancia de 0.333 veces el diámetro del tanque como un espacio razonablemente seguro, luego entonces 12 m es la respuesta.
6. La bodega constituye una línea de propiedad. La tabla 2.2 indica que la separación sea el diámetro del tanque, siendo en este caso 38.00 m.
7. Una vía de ferrocarril no es considerado un camino público. Por lo cual, la Tabla 2.2 no recomienda ninguna distancia específica. En otras palabras, no existe requisito para separación en el caso de vías de ferrocarril.
8. La Tabla 2.8 debe ser consultada para determinar los requisitos de espacio cuerpo a cuerpo. Y ya que estos tanques son menores de 45 m de diámetro, con techo fijo, y estarán almacenando líquidos Clase I y II, los requerimientos indican 0.167 veces la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, es decir 12 m, la cual será la separación especificada entre tanques adyacentes. Es importante hacer notar que la distancia de tanques

adyacentes son determinadas básicamente de uno a uno. La palabra *adyacente* no significa para todos los cuatro tanques, pero sí a su más cercano vecino.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE VENTILACION NORMAL Y DE EMERGENCIA.

a) Ventilación normal para un tanque de aceite combustible N.2 y un tanque de gasolina.

De acuerdo a su punto de inflamación del aceite combustible N.2 (>37.8°C) le corresponde una Clasificación Líquido Combustible Clase II; y para la gasolina (-20°C a 60°C) le corresponde una Clasificación Líquido Inflamable Clase I. Por lo cual, de la Tabla 3.1 obtenemos los siguientes requerimientos de ventilación normal para las capacidades de tanques de 7950 m³ y 9540 m³.

CAPACIDAD DEL TANQUE Barriles (m ³) (1)	INHALACION (VACIO) Todo el Suministro ft ³ /h (m ³ /h) (2)	EXHALACION (PRESION) PUNTO DE INFLAMACION 100°F (37.8°C) o mayor		menor de 100°F (37.8°C)	
		ft ³ /h	(m ³ /h)	ft ³ /h	(m ³ /h)
50000 7950	40000 1132.67	24000	679.60	40000	1132.67
60000 9540	44000 1245.94	27000	754.59	44000	1245.94

Interpolando entre estas capacidades de los tanques, se deben cubrir los siguientes requisitos para los tanques de aceite combustible N.2:

57620 9160	43043.9 1218.87	26292.9	744.25	-----	-----
------------	-----------------	---------	--------	-------	-------

y para los tanques de gasolina:

57620 9160	43043.9 1218.87	-----	-----	43043.9 1218.87	
------------	-----------------	-------	-------	-----------------	--

b) Ventilación de emergencia para el tanque de aceite combustible N.2 y para el de gasolina.

Este requerimiento se realizará solo para ejemplificación de la aplicación en la determinación de la capacidad de ventilación de emergencia; debido a que los tanques contarán con una unión delgada cuerpo a techo que liberará la posible generación de vapor en exceso, en caso de un incendio sobre la superficie del tanque.

El área mojada del cuerpo del tanque será calculada sobre la base de los primeros 9.0 m arriba del nivel del Área expuesta del cuerpo para tanques verticales.

Para lo cual, tenemos lo siguiente:

$$\text{Diámetro} = 38.00 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 9.00 \text{ m}$$

$$\text{Área mojada} = \pi \times \text{Diámetro} \times \text{Altura}$$

$$\text{Área mojada} = 3.1415 \times 38.0 \times 9.0$$

$$\text{Área mojada} = 1\,017.876 \text{ m}^2 \text{ (10\,956.32 ft}^2\text{)}$$

Utilizando la fórmula 3.2.1 (Ver también Tabla 3.3 y Figura 3.7), tenemos:

$$\text{CFH} = 1\,107A^{0.82} \quad (3.2.1)$$

$$\text{CFH} = 1\,107(10\,956.32)^{0.82}$$

El requerimiento de ventilación de emergencia deberá cubrir la capacidad de:

$$\text{CFH} = 2\,273\,383.39 \text{ ft}^3/\text{h} = 64\,375.05 \text{ m}^3/\text{h}$$

Es decir, el o los dispositivos de ventilación de emergencia deberán tener una capacidad mínima de liberación de aire libre de $64\,375 \text{ m}^3/\text{h}$.

CAPITULO CUATRO TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES

Todos los sistemas de tuberías son susceptibles a fugas o derrame de líquidos, y debido al peligro de incendio adicional en aquellos que manejan líquidos combustibles e inflamables, deberán ser capaces de resistir la intensidad del calor generado por el fuego, por un período de tiempo razonable mientras los procedimientos de cierre de emergencia son implementados y las medidas de combate de incendio son puestas en actividad. La falla de las tuberías, válvulas y accesorios durante las condiciones de incendio pueden tornar un peligro moderado en una emergencia extrema.

4.1 GENERALIDADES

El diseño, fabricación, ensamble, prueba e inspección de los sistemas de tuberías conteniendo líquidos, deberán ser adecuados para la presión de trabajo esperada y esfuerzos estructurales. Estos sistemas deberán cumplir de conformidad con las secciones aplicables del Código ANSI B31 [41] y las provisiones de este capítulo.

Definición de términos

Sistemas de tuberías. Es aquel que consiste de tuberías, bridas, tornillería, empaquetaduras, dispositivos de alivio, accesorios de tuberías y las partes que contienen presión de otros componentes de tuberías, tales como juntas de expansión y filtros, y dispositivos que sirven para el mezclado, separación, desaeración, distribución, medición y control del flujo (Ver figura 4.1). No incluyen estructuras de soportes tales como marcos de edificios, montantes, cimientos o cualquier equipo adicional a ésta.

Presión de diseño. Es la considerada para el cálculo en

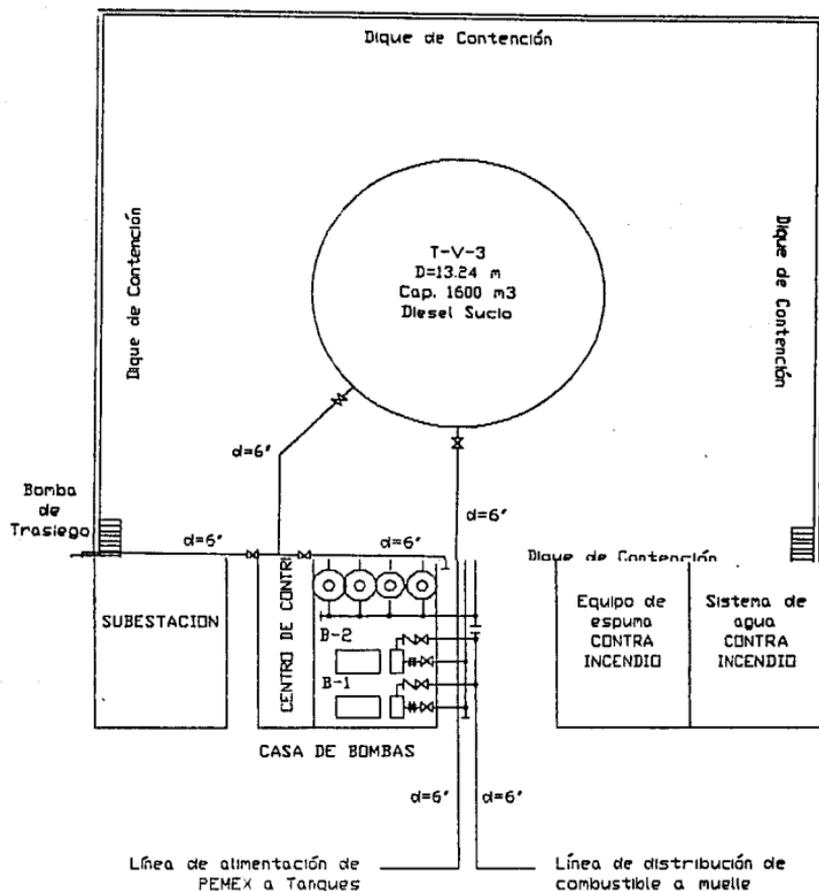


Figura 4.1 Ejemplo esquemático de un sistema de tuberías.

sistemas de tuberías y no deberá ser menor a la presión en las condiciones más severas de presión y temperatura esperada durante la operación normal.

Presión máxima de operación a régimen constante. La presión de operación máxima a régimen constante, debe ser la suma de la carga hidrostática, la presión para vencer las pérdidas por fricción y cualquier contrapresión requerida. Se contempla también el aumento de la presión por encima de la presión máxima de operación a régimen constante, debida a fluctuaciones u otras variaciones de las presiones normales como las ondas de presión del producto líquido generadas por un cambio de velocidad de la corriente que se mueve y que resulta de parar una estación de bombeo o una unidad de bombeo, cerrar una válvula o bloquear la corriente en movimiento.

Temperatura de diseño. Es la temperatura máxima o mínima esperada del metal en las condiciones coincidentes de presión y temperatura.

4.2 MATERIALES PARA TUBERIAS, VALVULAS Y PIEZAS ESPECIALES

Las tuberías, válvulas, grifos, accesorios y otras partes soportando presión dentro de los sistemas de tuberías, deberán cumplir las especificaciones y limitaciones de temperatura y presión señaladas en el Código ANSI B31.3-1980 [42] o del Código ANSI B31.4-1979 [43], excepto lo indicado en párrafos posteriores. Los materiales plásticos o similares que sean permitidos, de acuerdo a lo que se indicará, deberán ser diseñados por especificaciones que incorporen principios de ingeniería reconocidos y deberán ser compatibles con el servicio del fluido.

El hierro nodular que sea utilizado deberá ser de acuerdo a la norma ASTM A395-80 [44]. Las válvulas en los tanques de almacenamiento y sus conexiones; aquellas para tanques superficiales de almacenamiento y tanques localizados en interiores de edificios, deberán ser de acero o hierro nodular, excepto

cuando:

- 1) Las características químicas del líquido no sean compatibles con el acero;
- 2) Las válvulas sean instaladas en el interior del tanque;
- 3) Las válvulas sean instaladas en tanques de petróleo crudo y ellas cumplan los requerimientos siguientes:
 - a) Para tanques de petróleo crudo con capacidades individuales no mayores de 3 000 Bls. (476.9 m³) y sean localizados en instalaciones de producción en zonas aisladas, con separación entre tanques de 0.90 m, como mínimo.
 - b) Materiales como hierro o fierro fundido, latón, cobre, aluminio, hierro maleable, y similares materiales pueden ser empleados en tanques descritos en el inciso anterior o en tanques almacenando líquidos Clase IIIB, cuando el tanque sea localizado en exteriores y no dentro del área de dique o ruta del drenaje de un tanque almacenando líquido Clase I, Clase II, o Clase IIIA.
- 4) Las válvulas que sean instaladas en tanques empleados para almacenar líquidos Clase IIIB, y cumplan los requerimientos marcados en b).

Los materiales para las válvulas en los tanques de almacenamiento, pueden ser diferentes al acero o hierro nodular, cuando las características químicas del líquido almacenado no sean compatibles con el acero o cuando sean instaladas internamente en el tanque. Cuando sean instaladas externamente al tanque, el material deberá tener una ductilidad y punto de fusión comparable al del acero o al hierro nodular, para resistir razonable esfuerzo y temperatura implicada en una exposición a incendio, o por otra parte, ser protegido por un material que tenga una resistencia al incendio no menor de 2 horas.

Las válvulas internas pueden ser de otros materiales, pues el

líquido mantiene la tubería y la válvula fría, evitando así la falla bajo una exposición a incendio.

Los materiales de bajo punto de fusión, tales como aluminio, cobre, y latón; o materiales que se ablanden en una exposición a incendio, tal como plásticos; o material no dúctil, tal como hierro fundido, pueden ser utilizados en instalaciones enterradas para cualquier líquido dentro de los límites de presión y temperatura del Código ANSI B31 [41].

Si tales materiales son empleados en exteriores en tuberías superficiales manejando líquidos Clase I, Clase II o Clase IIIA o en el interior de edificios manejando cualquier líquido, ellos deberán:

- 1) Ser adecuadamente protegidos contra exposición a incendio, o.
- 2) Ser localizados de tal forma, que cualquier fuga resultante de una falla, no exponga indebidamente personal, edificios importantes, o estructuras, o
- 3) Quedar localizados donde la fuga pueda rápidamente ser controlada, por operación de una válvula accesible remotamente ubicada.

Debido a que la corrosión es un problema en tuberías, válvulas y accesorios, los plásticos pueden ser útiles en su prevención, para lo cual, el Código NFPA 30 [5] permite a estos y otros materiales combustibles y no combustibles usarse internamente, como recubrimiento en tuberías, válvulas y accesorios.

Todas las partes de la válvula que están en contacto con el fluido deben tener la resistencia necesaria a la corrosión. Para seleccionar materiales de construcción resistentes a la corrosión, el ingeniero debe utilizar como guía los materiales recomendados por los fabricantes para los diversos tipos de servicios, así como los datos publicados. Si esta información parece ser inadecuada, habrá que obtener datos de la corrosión mediante pruebas de

TABLA 4.1a GUIA PARA SELECCION DE VALVULAS

Tipo	Gama de tamaño, (pulg.)	Capacidad presión, (psi)	Capacidad temp. (°F)	Material de construcción	Servicio
Globo	1/2 a 30	Hasta 2 500	Hasta 1 000	Bronce, hierro, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales.	Estrangulación y cierre con líquidos limpios.
Angulo	1/8 a 10	Hasta 2 500	Hasta 2 500	Bronce, hierro, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales.	Estrangulación y cierre para líquidos limpios, material viscoso o pastas aguadas.
Compuerta	1/2 a 48 (mayores en ángulos típos)	Hasta 2 500	Hasta 1 800	Bronce, hierro, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales.	Cierre (estrangulación limitada), líquidos limpios y pastas aguadas.
Mariposa	2 hasta 24 ó más	Hasta 2 000 (caída limitada de presión)	Hasta 2 000 (temperaturas más bajas si tiene camisas o asientos blandos)	Materiales para fundir o maquinar. Las camisas pueden ser de plástico, caucho o cerámica.	Estrangulación (cierre sólo con asientos o tipos especiales), líquidos limpios y pastas aguadas.
Macho	Hasta 30	Hasta 5 000	Hasta 8 000	Hierro, acero, acero inoxidable y diversas aleaciones. Disponibles con camisa completa de caucho o plástico.	Cierre (estrangulación en algunos tipos).
Bola	1/8 a 42	Hasta 10 000	Criogénica hasta 1 000	Hierro, acero, latón, bronce, acero inoxidable; plástico y aleaciones especiales para aplicaciones nucleares. Camisa completa de plástico.	Estrangulación y cierre; líquidos limpios, materiales viscosos y pastas aguadas.
Desahogo	1/2 hasta 6 (centrada)	Hasta 10 000	Criogénica hasta 1 000	Hierro, bronce, acero, acero inoxidable, acero al níquel y aleaciones especiales.	Limitación de presión.

TABLA 4.1b GUÍA PARA SELECCION DE VALVULAS

Tipo	Gama de tamaño. (plg.)	Capacidad presión. (psi)	Capacidad temp. (°F)	Material de construcción	Servicio
Aguja	1/8 a 1	Hasta 10 000	Criogénica hasta 500	Bronce, hierro, acero, acero inoxidable.	Estrangulación suave y cierre con líquidos limpios.
Retención	1/8 a 24	Hasta 10 000	Hasta 1 200	Bronce, hierro, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales.	Evitar circulación inversa (los tipos especiales evitan exceso de circulación).

laboratorio. En general, salvo que se trate de un fluido totalmente nuevo, no habrá problema para determinar los materiales de construcción con base en la información existente (59). Se incluyen las Tablas 4.1a y 4.1b que pueden utilizarse como una guía general para la selección de válvulas.

En la Tabla 4.2 se presentan algunas limitaciones generales para el servicio, que se deben considerar como una guía aproximada. Para cada clase de material enumerado en la Tabla 4.2 existen muchas composiciones de aleación y técnicas de fabricación distintas y puede ser posible excederse de esos límites en ciertas condiciones. Las presiones permisibles de los sistemas de tubería se determinan con la capacidad de las bridas. Las válvulas y sus bridas se fabrican con capacidades estándar para que concuerden con las bridas de tubo en el sistema.

Las bridas para tubo se fabrican de acuerdo con los códigos del American National Standards Institute (ANSI) que especifican la presión permisible de trabajo de una brida a la temperatura indicada. La presión permisible de trabajo es mayor que la del código ANSI con temperaturas menores a la especificada y más baja con temperaturas más altas. Se debe consultar la edición más reciente del Código ANSI B31.3 "Tubería para plantas químicas y refinerías de petróleo", para determinar si es adecuada para una

aplicación particular.

TABLA 4.2 LIMITES TIPICOS DE TEMPERATURA Y PRESION DE DIVERSOS MATERIALES DE VALVULAS

Material	Limites típicos de temperatura				Limites típicos máximos de presión	
	Mínimo		Máximo		kg/cm ²	psig
	*C	*F	*C	*F		
Aluminio	-198	-325	204	400	21.09	300
Latón	-240	-400	232	450	21.09	300
Bronce	-240	-400	288	550	21.09	300
Hierro fundido	-17	0	177	350	14.08	200
Acero fundido	-29	-20	538	1 000	421.85	6 000
Hierro dúctil	-29	-20	343	650	421.85	6 000
Acero forjado	-29	-20	454	850	3 515.41	50 000
Acero al níquel	-101	-150	593	1 100	3 515.41	50 000
Acero inoxidable 18-8	-198	-325	871	1 600	3 515.41	50 000

4.3 JUNTAS EN TUBERIAS

Para prevenir la pérdida de líquido, las juntas de las tuberías deberán ser a prueba de líquidos y podrán ser soldables, bridables, o roscables. Las juntas roscables deberán ser preparadas herméticamente con una recomendable rosca sellante o lubricante. Las juntas en los sistemas de tuberías manejando líquidos Clase I deberán ser soldables cuando sean localizados en espacios cerrados dentro de edificios, debido a su peligrosidad (Ver figura 4.2).

Las juntas de tuberías dependientes de las características de fricción o resiliencia de materiales combustibles para continuidad mecánica o hermeticidad de tubería, no deberán utilizarse en interiores de edificios. Es permitido su uso en el exterior de ellos, sobre o bajo el terreno. Si son utilizados superficiales en el exterior de edificios, la tubería deberá ser asegurada para prevenir desensamble de los accesorios, o el sistema de tuberías deberá ser diseñado para que cualquier fuga resultante del

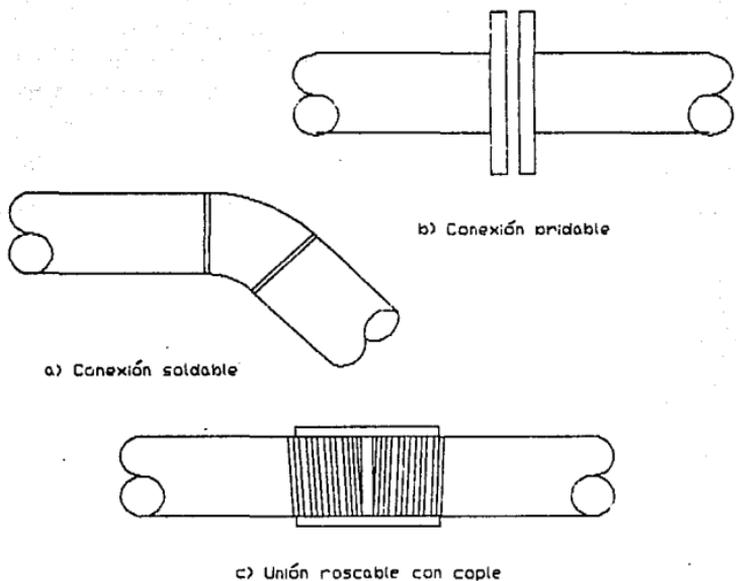


Figura 4.2 Las juntas o uniones en las tuberías pueden ser soldables, bridables o roscables. Todas estas deberán ser a prueba de líquidos. Las juntas en los sistemas de tuberías que manejen líquidos Clase I deberán ser soldables cuando sean localizadas en espacios cerrados dentro de edificios, debido a su peligrosidad. Las conexiones soldables o bridables son preferidas para tuberías superficiales. Las conexiones roscables de tubería mayor de 3" (76.2 mm) de diámetro, son susceptibles a desconectarse en una larga exposición a incendio; a menos que, las conexiones sean soldadas por detrás. En general, son recomendables las conexiones bridables o soldables para tubería mayor de 2 1/2" (63.5 mm) de diámetro.

desensamblable no exponga a personas, edificios o estructuras importantes, y pueda ser rápidamente controlado por válvulas remotas.

4.4 SOPORTES

Los sistemas de tuberías deberán ser sustancialmente soportados y protegidos contra daños físicos y excesivo esfuerzo generado por la cimentación, vibración, expansión, o contracción. La instalación de tubería no-metálica deberá cumplir las especificaciones o instrucciones del fabricante.

Las varillas de expansión o los conectores flexibles pueden ser usados para prevenir inadecuado esfuerzo en sistemas de tuberías.

4.5 PROTECCION CONTRA CORROSION

Todas las tuberías para líquidos, tanto superficiales como enterradas, donde estén sujetas a corrosión externa, deberá ser pintada o protegida con otro método.

4.6 VALVULAS

Los sistemas de tuberías deberán contar con un número suficiente de válvulas para operar el sistema adecuadamente y para protección de la planta. Los sistemas de tuberías en conexión con bombas deberán contar con un número suficiente de válvulas para el control adecuado del flujo del líquido en operación y en evento de cualquier daño físico. Cada conexión a la tubería por la cual el equipo tal como carros-tanque, autos-tanque, o recipientes marinos descarguen líquidos hacia el interior de tanques de almacenamiento, deberán contar con una válvula check para protección automática contra reflujo si el arreglo de la tubería es tal que el contra-flujo a partir del sistema es posible.

Los requisitos del Código NFPA 30 (5) relativos al números de

válvulas son enteramente tolerantes y no específicos. Esto es debido a la variedad de los sistemas de tuberías y de las condiciones dictadas por la ocupación y su uso. Cada sistema de tuberías deberá ser evaluado sobre sus propios méritos, basados en la buena práctica ingenieril. Si es tomada la consideración para lineamientos de seguridad general, y para las consecuencias potenciales de falla, una determinación como el número y localización de válvulas puede ser hecha.

4.7 PRUEBAS DE LA TUBERIA

A menos que se prueben de acuerdo a las secciones aplicables del Código ANSI B31 [41], todas las tuberías antes de que sean cubiertas, o puestas en uso, deberán ser probadas hidrostáticamente a 150% de la presión máxima anticipada del sistema, o probada neumáticamente al 110% de la presión máxima anticipada, pero no menor de 5.0 psig medida en el punto más alto del sistema. Esta prueba deberá ser mantenida por un tiempo suficiente para completar la inspección oficial de todas las juntas y conexiones, pero no menor de 10 minutos.

Debemos tener presente que, las pruebas no son una garantía de que el sistema es perfecto o que permanecerá en buenas condiciones. Ellas son, sin embargo, un método para ayudar a asegurar que el sistema funcionará como es deseado bajo normales circunstancias y situaciones predecibles de emergencia. Para esto, tres métodos son aceptables:

1. Cumpliendo los requerimientos del Código ANSI B31, o
2. Hidrostáticamente, realizando la prueba al 150% de la presión de diseño máxima del sistema, o
3. Neumáticamente, realizando la prueba al 110% de la presión de diseño máxima del sistema. En cualquier caso, la prueba debe ser conducida por al menos diez minutos o hasta que la inspección visual completa sea efectuada por todas las juntas y conexiones.

La razón básica para la diferenciación del porcentaje entre los límites de prueba neumática e hidrostática es la seguridad. En el evento de falla, una prueba hidrostática rápidamente reesalará la presión debido a la incompresibilidad de muchos fluidos y el escape del agua será descargado con seguridad. Una falla neumática algunas veces implicará una ruptura violenta del sistema. Como en la prueba de los tanques, la tubería deberá ser limpiada y purgada de cualquier vapor inflamable y los líquidos combustibles e inflamables no deberán ser empleados como fluidos de prueba.

4.8 IDENTIFICACION

Cada tubería de llenado o descarga para almacenamiento de líquido deberá ser identificado por un código de color o marcándolo para identificar el producto para el cual el tanque es empleado.

Donde la tubería de llenado y descarga para líquidos Clase II o Clase IIIA sean localizados en la misma área inmediata con tubería de llenado y descarga para líquidos Clase I, deberán tomarse consideraciones adicionales para proporcionar medios positivos, tal como diferentes tamaños de tubería, dispositivos de conexión, cerraduras especiales, u otros medios diseñados para prevenir una transferencia errónea de líquidos Clase I o de cualquier tanque o contenedor implicado hacia líquidos Clase I o Clase IIIA.

4.9 RECOMENDACIONES GENERALES

Localización de la tubería

Un factor principal en incendios relacionados con tanques de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables, ha sido la falla de la tubería y válvulas. Tales fallas han resultado adicionalmente del incendio de piso de los contenidos de los tanques. Los sistemas de tuberías pueden ser localizados tanto enterrados como superficiales. En las instalaciones de las terminales, las tuberías de los tanques superficiales son

normalmente localizadas superficialmente, para evitar problemas de corrosión y para ayudar en la detección de fugas en la tubería. Si las tuberías están en trincheras abiertas, es aconsejable colocar barreras de incendio, que deben ser ubicadas a ciertos intervalos, para prevenir el flujo de líquido de una sección a otra de la planta. Las tuberías enterradas no están sujetas a exposición a incendio. Todas las tuberías deben ser protegidas contra daños físicos y esfuerzo excesivo; el cual aumenta a partir de la expansión, contracción, vibración y asentamiento. Los materiales que están sujetos a falla debido a choque térmico, tal como el hierro fundido, no deberán ser usados para conexiones externas de tanques, através de los cuales el líquido normalmente fluirá, a menos que, las características químicas del líquido almacenado sean incompatibles con el acero (5)(66).

Corredores de tuberías

Para la localización de los corredores de tuberías en áreas de almacenamiento se debe considerar lo siguiente (65):

- a) Menor recorrido de las tuberías, por lo tanto menor costo.
- b) No entorpecer la vías de escape y acceso para mantenimiento, por ejemplo: escaleras, rampas, burladeros del dique, así como las escaleras propias de los tanques.
- c) Reducir al mínimo el número de corredores de tuberías dentro de un dique.
- d) De preferencia, no rodear con corredores de tuberías el perímetro del dique.
- e) Debe incluirse en los corredores de tuberías el diseño de pasarelas, para facilitar el cruce de personal sobre estos elementos, donde se considere necesario.

Conexiones

Las conexiones soldables de la tubería o juntas bridables son preferidas para tuberías superficiales, particularmente para tuberías de grandes dimensiones. Las conexiones roscables de

tuberías mayores de 3 in (76.2 mm) de diámetro, son susceptibles a desconectarse en una larga exposición a incendio, a menos que las conexiones sean soldadas por detrás. Las juntas de las tuberías dependen de las características de fricción de los materiales combustibles, que por continuidad mecánica de la tubería están sujetas a la falla bajo condiciones de exposición a incendio (5)(66).

CAPITULO CINCO
SISTEMA DE PROTECCION
CONTRA INCENDIO

En este capítulo se presentan los aspectos básicos, que son considerados en el diseño de un sistema de protección contra incendio, para una área de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables.

En virtud de la clase de líquidos que son almacenados en este tipo de instalaciones, el incendio que es factible se genere es el tipo B; esto es básicamente en el área de tanques, aunque también puede presentarse otro tipo de incendio en áreas como por ejemplo: bodegas y edificios; que pueden ser de la clase A, C e incluso el B.

La protección proporcionada contra incendio es dada por medio de varios agentes que deben actuar de manera simultánea, es decir, como apoyo uno de otro. Primero, el elemento generalmente empleado es el agua en grandes cantidades, con el fin de proporcionar enfriamiento a los tanques y tuberías, para que el material, comunmente acero, no falle y el líquido no alcance puntos de temperatura tales que su comportamiento genere un riesgo mayor; Segundo, la aplicación de un agente extintor que sofoque el incendio o que proteja la sustancia combustible para que no se genere o expanda el fuego sobre éste; estos agentes son las espumas, que dependiendo de las características del líquido combustible es el tipo de éstas.

El enfoque contenido en ésta sección del trabajo está dirigido fundamentalmente, al sistema de protección contra incendio del área de almacenamiento de tanques para líquidos combustibles e inflamables del grupo de los hidrocarburos. Así también, es importante señalar que dentro de los diversos métodos de protección, los que se desarrollarán en este capítulo son el de sofocamiento, a base de la aplicación de aditivos como son las espumas; y además, como un método de apoyo y control, se tratará el

método de enfriamiento, a base de la aplicación de agua.

5.1 GENERALIDADES

Componentes de un fuego

Para que exista el fuego se necesita reunir tres factores que son:

a) **Vapores combustibles:**

El combustible para poder arder, se debe encontrar en forma de vapor.

b) **Oxígeno del aire:**

Al oxígeno se le denomina comburente.

c) **Energía (Calor):**

El calor es una forma de energía y trae como efecto la elevación de la temperatura de los reactivos, iniciando la combustión.

La conjunción de éstos componentes siempre generará fuego. Y es común representarlo por medio de un triángulo, ver figura 5.1.

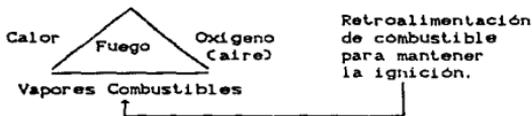


Figura 5.1 Triángulo del fuego.

De la figura anterior se puede mencionar lo siguiente: si el triángulo está incompleto no es factible la generación del fuego, y ésta, es la base sobre la que se apoya la prevención de incendios, y el combate contra los mismos consiste en inhibir este triángulo.

La posibilidad de que un material arda, depende de sus propiedades físicas y químicas. Por regla general, los materiales son inflamables únicamente en estado de vapor. La formación de vapor procedente de sólidos o líquidos se controla fundamentalmente mediante su temperatura. En la prevención de incendios, el conocimiento de la capacidad de una sustancia para formar vapores, y de la temperatura requerida para que dichos vapores se inflamen, es muy importante.

Se ha dicho que el combustible para que pueda arder, se debe encontrar en forma de vapor, lo cual muestra la importancia de la temperatura a la cual empieza a desprender vapores un combustible en concentraciones suficientes, su temperatura de inflamación. En las Tablas 5.1a y 5.1b, se indican algunas sustancias y sus características físicas desde el punto de vista de prevención de incendio [28](67).

La información del grado en que un líquido inflamable es soluble en agua, es útil para determinar los agentes y métodos para extinción más efectivos. Por ejemplo, la espuma resistente al alcohol, es generalmente recomendada para líquidos inflamables solubles al agua. Otro caso sería, cuando el agua transporta a la gasolina encendida, por lo que se le debe usar en forma de niebla hacia la flama para hacer descender la temperatura.

Fuentes de ignición

Estas fuentes pueden ser:

1. Flama abierta. Calentadores de hogares, calderas, sopletes, quemadores, colillas, etc.
2. Chispas de fricción. Pueden dar la suficiente energía para iniciar la combustión. Este tipo de chispas se producen al friccionar metales, etc.
3. Corriente eléctrica. Los circuitos eléctricos están siempre

expuestos a producir chispas o arcos con energía suficiente para encender los vapores combustibles. De ahí la importancia de que en las áreas de peligro las instalaciones eléctricas sean a prueba de explosión.

4. **Electricidad estática.** Al fluir líquidos y gases por tuberías y equipos, generan electricidad que se va acumulando hasta llegar a cantidades tales que producen chispas, por lo que todos los equipos (bombas, tuberías, recipientes, etc.) deben estar conectados a tierra a fin de que se disipe la electricidad generada.
5. **Combustión espontánea.** Existen sustancias inestables que al ponerlas en contacto reaccionan entre sí, generando luz y calor o bien reaccionan espontáneamente con el oxígeno del aire con desprendimiento de luz y calor; tal es el caso del sulfuro ferroso, que se encuentra en los residuos de los recipientes, al extraerlos y exponerlos al aire arden; por eso se recomienda que tan pronto como sean extraídos se lleven a un lugar donde no representen peligro.
6. **Otras fuentes de ignición.** Estas son naturales, como el rayo o el sol, y aunque no se pueden evitar, se deben tener presentes.

Clasificación de incendios

Los incendios se clasifican según el tipo de combustible que está ardiendo, y éste es el que determina el método de extinción; ver Tabla B.2.

Principios de inflamabilidad

En resumen, la ciencia de la protección contra incendio se basa en los siguientes principios:

1. Un agente oxidante, un material combustible, y una fuente

de ignición son esenciales para la combustión.

2. Los materiales combustibles deben ser calentados a su temperatura de ignición (puntual) antes de que se encienda o alcance la flama de soporte.
3. La subsecuente combustión de un combustible es generada por la alimentación de calor de las flamas para la pirolización o vaporización del combustible.
4. La combustión continuará hasta:
 - a) Que el material combustible es consumido o;
 - b) La concentración del agente oxidante es reducido por debajo de la concentración necesaria para mantener la combustión o;
 - c) Suficiente calor es removido o preventilado a partir del material combustible para prevenir adicional combustible pirolítico o;
 - d) Las flamas son inhibidas químicamente o enfriadas suficientemente para prevenir reacción adicional.

Extinción de incendios

La extinción del incendio se basa en eliminar uno de los tres factores necesarios del triángulo del fuego, teniendo así los siguientes métodos básicos:

1. Enfriamiento. Este método se basa en la eliminación del calor para evitar que continúe la combustión. Un agente que absorbe gran cantidad de calor, enfriando muy eficientemente, es el agua, que correctamente empleada es muy útil. Otra forma de enfriar es, que los gases de la combustión se dividan y entren en contacto con el aire, enfriándose; ésto se logra haciéndolos pasar a través de una rejilla como en los arrestadores de flama de los tanques de almacenamiento.

En muchos casos, si la superficie del material en combustión es enfriada por debajo de la temperatura a la cual generaría suficiente vapor para soportar la combustión, el incendio será extinguido. El enfriamiento de la superficie no es comunmente efectiva en productos gaseosos y líquidos inflamables que tienen un punto de inflamación por debajo de la temperatura del agua aplicada, y el agua no es generalmente recomendada para líquidos inflamables con un punto de inflamación menor de 37.8°C (100°F).

La cantidad de agua requerida para extinguir un incendio depende de cómo es el calor del incendio. Qué tan rápidamente es extinguido un incendio depende de la rapidez de aplicación del agua, la cantidad, y de que forma es aplicada. Es mejor aplicar el agua de tal forma que la máxima cantidad de calor sea absorbido. El agua absorbe el mayor calor cuando es convertida a vapor, y será convertido más fácilmente en forma de regadera que de chorro sólido.

2. Sofocamiento. Consiste en evitar que entren en contacto el oxígeno del aire y los vapores inflamables, esto se logra de dos formas, la primera se basa en crear una atmósfera inerte (exenta de oxígeno) por medio de agentes extintores como el bióxido de carbono, los polvos químicos secos y líquidos vaporizantes. La otra forma es aislar el combustible del aire por medio de una capa intermedia, que es el caso de la espuma química, la espuma mecánica y el agua liviana.

El agua puede ser empleada para sofocar la combustión de un líquido combustible con un punto de inflamación superior a 37.8°C, una densidad relativa de 1.1 ó más pesado, y no soluble en agua. Para alcanzar su mayor efectividad, un agente espumante es normalmente agregado al agua, y éste debe ser aplicado suavemente a la superficie del líquido.

3. Eliminación de combustible. La eliminación del material combustible siempre traerá la extinción del incendio (muy difícil de lograr).

TABLA 5.1a CARACTERISTICAS DE ALGUNOS LIQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES

SUSTANCIA	PUNTO DE ¹ INFLAMACION	TEMPERATURA DE IGNICION	LIMITES EXPLOSIVOS EN % DE VOLUMEN EN EL AIRE		DENSIDAD RELATIVA
	(°C)	(°C)	Min.	Max.	
HIDROCARBUROS COMBUSTIBLES					
Metano	Gas	630	5.0	15.0	---
Etano	Gas	515	3.0	12.4	1.0
n-Butano	-60.0	288	1.8	8.4	2.0
n-Hexano	-3.8	225	1.2	7.4	3.0
n-Octano	13.3	218	0.8	6.5	3.9
Etileno	Gas	490	2.7	36.0	1.0
Propileno	Gas	458	2.4	11.0	1.5
Acetileno	Gas	305	2.5	100.0	0.9
gasolina (100/130)	-45.5	440	1.3	7.1	3.4
Kerosina	37.8	227	0.7	5.0	---
Combustóleo No. 1	37.8 min	228	0.7	5.0	---
Combustóleo No. 2 (Diesel)	37.8 min	258	---	---	---
Petróleo Crudo	-6.7 a 32.2	---	---	---	---
AGENTES ANESTESICOS					
Ciclopropano	Gas	500	2.4	10.4	1.5
Eter Etilico	-28.8	193	1.9	36.0	2.6
Eter Vinilico	-30.0	300	1.7	27.0	2.4
Etileno	Gas	490	2.7	36.0	1.0
Cloruro Etilico	-50.0	515	4.0	14.8	2.2
Cloroformo	-----	---	NO INFLAMABLE	---	---
Oxido Nitroso	-----	---	NO INFLAMABLE	---	---
SOLVENTES					
Alcohol Metilico	12.2	365	6.7	36.0	1.1
Alcohol Etilico	12.8	365	3.3	19.0	1.6
Alcohol n-Propilico	15.0	440	2.2	14.0	---
Acetona	-17.7	465	2.6	13.0	2.0
Benceno	-11.1	560	1.3	7.9	2.8
Nafta	37.8	232	1.0	6.0	4.3
Tolueno	4.4	480	1.2	7.1	---

¹ NFPA 825m; (HUMPHREY & MORRIS 1957); METODO DE COPA ABIERTA.

TABLA 5.1b CARACTERISTICAS DE ALGUNOS LIQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES

SUSTANCIA	PUNTO DE INFLAMACION	TEMPERATURA DE IGNICION	LIMITES EXPLOSIVOS EN % DE VOLUMEN EN EL AIRE		DENSIDAD RELATIVA
	(°C)	(°C)	Min.	Max.	
COMBUSTIBLES MISCELANEOS					
Acetaldehido	-27.2	175	4.0 ²	80.0	1.5
Acido Acético	40.0	465	5.4 ²	16.0	2.1
Amonia	Gas	651	15.0	29.0	0.6
Anilina	75.5	615	1.2 ²	8.3	3.2
Hidrógeno	Gas	520	4.0	75.0	0.1
Oxido de Etileno	<-17.8	429	3.6	100.0	1.5
Bromoclorometano	---	450	NF ^B	NF	---
Bromotri--fluorometano	Gas	>593	NF	NF	---

1 NFPA 825m; (HUMPHREY & MORRIS 1957); METODO DE COPA ABIERTA.

2 A 99.9 °C.

B MEZCLA NO INFLAMABLE (PERLEE, 1966)

TABLA 5.2 CLASIFICACION DE INCENDIOS

CLASE DE INCENDIO	TIPO DE COMBUSTIBLE	METODO DE EXTINCION	AGENTE EXTINTOR
A	Sólidos que dejan residuos carbonosos (papel, madera, textiles, trapos, y en general combustibles ordinarios)	Enfriamiento.	Agua (en grandes cantidades) Espuma, Polvo ABC.
B	Aceites, grasas, líquidos inflamables a incendios superficiales, en que es esencial un efecto de recubrimiento para su extinción.	Sofocamiento.	Espuma, Polvos químicos . Normal, . Púrpura K, . ABC. Líquido vaporizante CO ₂
C	Materiales y Equipo eléctrico, en el que el uso de un agente extinguidor no conductor de electricidad es de primera importancia para su extinción.	Sofocamiento.	CO ₂ , Polvos químicos . Normal, . Púrpura K, . ABC.
D	Metales combustibles: Magnesio, Sodio, Aluminio...	Sofocamiento.	Polvo especial para incendio Clase D.

4. Emulsificación. Una emulsión es formada cuando líquidos inmiscibles son combinados y agitados, y uno de los líquidos es dispersado por todas partes en el otro. La extinción por este proceso puede ser alcanzada por la aplicación del agua a ciertos líquidos combustibles viscosos, que a partir del efecto de enfriamiento de la superficie de tales líquidos evitan la liberación de vapores inflamables. Con algunos líquidos viscosos, tal como el Aceite Combustible No. 6, la emulsificación es un "mezclado" que retarda la liberación de vapores inflamables. Debe ser usada con cuidado sobre líquidos en recipientes de apreciable profundidad que estén prácticamente llenos, debido a que el mezclado puede expandir la combustión de los líquidos sobre los costados de éste. Un atomizador, relativamente fuerte, de agua es normalmente usado para emulsificación. Se debe evitar un chorro sólido de agua por que esto causaría un mezclado violento.

5. Dilución. Los incendios en materiales inflamables solubles en agua pueden, en algunas circunstancias, ser extinguidos por dilución. El porcentaje de dilución necesaria varía grandemente, así como el volumen de agua y el tiempo necesario para extinción. Por ejemplo, la dilución puede ser usada exitosamente en un incendio involucrado un derrame de alcohol etílico o metílico, si es posible conseguir una mezcla adecuada de agua y alcohol; no obstante, la dilución no es una práctica común si los tanques están implicados. El peligro de derrame debido a la gran cantidad de agua requerida, y el peligro de mezclado llevaría a la mezcla a calentarse al punto de ebullición del agua, haciendo de esta forma, que la extinción sea rara vez práctica.

5.2 ADITIVOS PARA EL METODO DE SOFOCAMIENTO DE INCENDIOS

La espuma para combate de incendios es un agregado de burbujas llenas de gas, formadas a partir de soluciones acuosas de agentes líquidos concentrados de espumación especialmente formulados. El

gas usado es normalmente aire. Debido a que la espuma es más ligera que la solución acuosa, y más ligera que los líquidos inflamables, flota sobre cualquiera de ellos; generando exclusión de aire, enfriamiento y una capa continua sellante del vapor; y el agua, como sustancia de apoyo detiene o previene la combustión (figura 5.2).

La espuma es generada por el mezclado de un concentrado de espuma con agua a la concentración apropiada, entonces la inclusión de aire y agitación de la solución forman la estructura de la burbuja.

Todos los sistemas de espuma, sin tomar en cuenta el tamaño, consisten de un suministro de agua, un dispositivo proporcionador, un succionador de aire para formar espuma y un suministro de concentrado de espuma. Mientras todos los componentes deben funcionar adecuadamente para asegurar la operación del sistema, el concentrado de espuma es incuestionablemente el componente vital de éste (figuras 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5).

5.2.1 SELECCION DEL CONCENTRADO DE ESPUMA

Con más de mil diferentes líquidos inflamables que están siendo manufacturados y consumidos, y con más de once diferentes espumas para combate de incendio disponible para su protección, la selección de la mejor espuma para proteger un peligro particular puede parecer difícil. Sin embargo, esta selección llega a ser objetiva y mediblemente simplificada cuando se cuenta con todos los tipos de concentrado de espuma para todas las aplicaciones.

Básicamente, existen dos clases generales de concentrado de espuma; el tipo regular base proteica y el tipo sintético. Dentro de cada clase existen modificadas formas, las cuales proporcionan una espuma específica para el mejor cumplimiento de los requerimientos de un peligro particular (Ver Tabla 5.3).

Es importante señalar que, existen dos clases básicos de

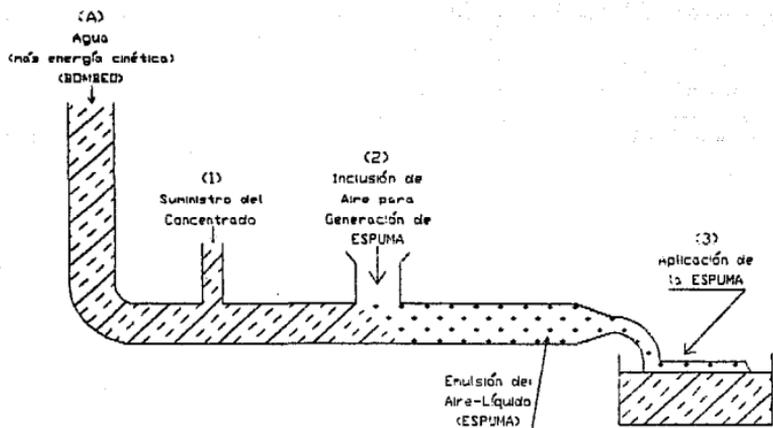


Figura 5.2 Diagrama ilustrativo de la generación de espuma.

El proceso de la producción y aplicación de las burbujas de espuma para extinción de incendios requiere de tres pasos básicos; El agua es suministrada por medio de un equipo de bombeo (A), y conducida a través de una tubería, donde un proporcionador (1) introduce el concentrado de espuma, que combinada con aquella forman la mezcla; más adelante del trayecto de la mezcla en la misma tubería, es inyectado aire (2), para generar las burbujas de espuma que serán aplicadas a la superficie del líquido inflamable o combustible (3); formando una capa de espuma que separa los vapores inflamables del contacto con el oxígeno del aire y además, produce un efecto de enfriamiento de la superficie del líquido a proteger, restringiendo también, la generación de vapores peligrosos.

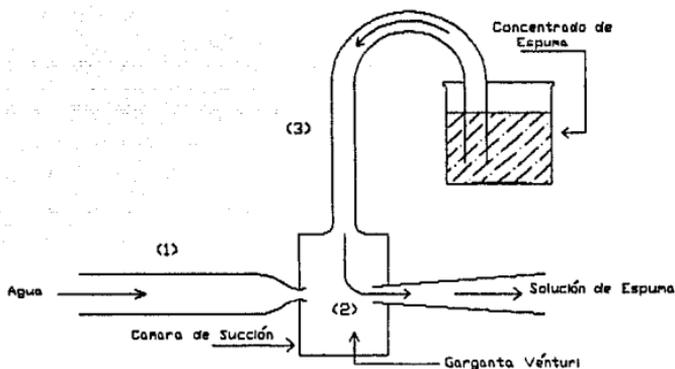


Figura 5.3 Proporcionalador de Inducción venturi (en línea).
 Habiendo determinado la proporción de concentrado, el líquido de espuma puede ser mezclado en la corriente de agua de la tubería, para formar una solución a la concentración establecida; existiendo dos métodos generales para esto:

1) Los métodos que aprovechan la energía de presión de la corriente de agua (1) y la generación de la presión negativa, por medio de una garganta venturi (2), que genera la inducción del concentrado de espuma hacia la garganta (3).

2) Ver figura 5.4.

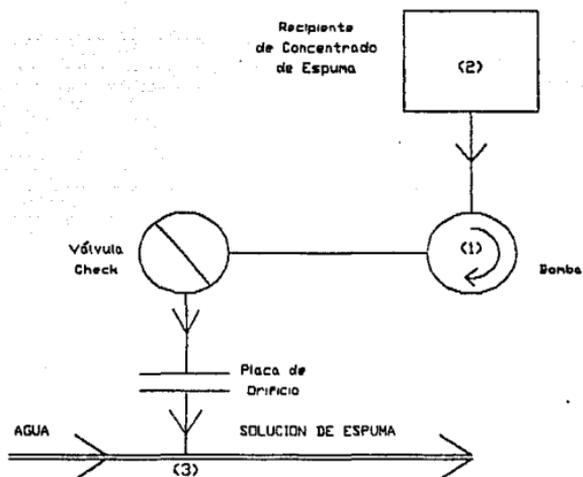


Figura 5.4 Bomba proporcionaladora de concentrado de espuma.

2) (continuación) El segundo método es el que utiliza una bomba (1) que succiona el concentrado de espuma del recipiente (2) y lo inyecta a la corriente de agua en la tubería (3), para formar la mezcla a una proporción determinada.

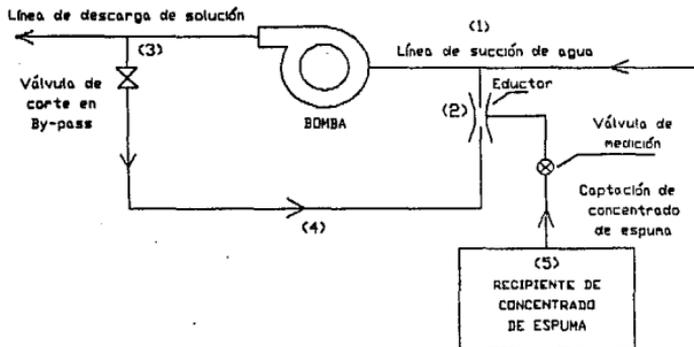


Figura 5.5 Retorno de la bomba proporcionadora.

Un método alternativo proporcionador de concentrado es el que se indica en esta figura, el cual opera bajo el principio del venturi, con la excepción de que debe tener una tubería que conecte a la bomba, tanto a la línea de succión (1), por donde se logra la inyección (2), como a la línea de descarga (3) por medio de un by-pass (4). La ventaja de este método, es que la presión recuperada de la acción del venturi (2), es establecida en la succión de la bomba (1) y la bomba proporciona presión directa al dispositivo formador de espuma. Una pequeña proporción del gasto de la bomba fluye a través del by-pass (4) hacia la succión de la misma. Un eductor (2) en esta línea (by-pass) genera una presión negativa, la cual, logra que sea inyectado el concentrado de espuma del recipiente (5), llevándose a cabo la mezcla con el agua, en la línea de succión.

TABLA 5.3 TIPOS DE ESPUMA COMUNES

TIPO DE ESPUMA	NOMBRE COMERCIAL DE LA ESPUMA
REGULAR BASE PROTEICA	Aer-O-Foam 3% Regular Aer-O-Foam 6% Regular Aer-O-Foam 3% Cold Foam Aer-O-Foam XL-3-3% Fluoroprotein Aer-O-Foam XL-6-6% Fluoroprotein Aer-O-Foam XL-6-6% Fluoroprotein Cold Foam Aer-O-Film 3
SINTETICO	Aer-O-Water 1-1% AFFF Aer-O-Water 6-6% AFFF Aer-O-Water Plus-3% AFFF Aer-O-Water Plus Cold Foam 3% Aer-O-Film 3 Universal -3% AFFF y 6% Alcohol-Resistant High Expansion-1 1/2% Sydent

líquidos inflamables: los hidrocarburos y los solventes polares.

Los hidrocarburos son productos no mezclables con agua, tales como por ejemplo el petróleo crudo, gasolina, hexano, nafta, aceite diesel, etc.

Los solventes polares son generalmente productos mezclables con agua tales como alcoholes, ésteres, ketonas, etc. Algunos solventes industriales son una mezcla de ambas clases.

La siguiente información deberá tenerse disponible para la apropiada selección del mejor concentrado de espuma aplicable.

- 1) Principales líquidos inflamables requiriendo protección (nombre del producto químico).
- 2) Razón de aplicación de la solución de espuma y determinación del requerimiento del suministro de agua.
- 3) Costo del concentrado de espuma.
- 4) Componentes del sistema y costos de la tubería de campo.
- 5) Proyección del costo del mantenimiento del sistema de espuma.

TABLA 5.4 ESPUMAS RECOMENDABLES, PROPORCION (%) Y METODOS DE APLICACION PARA VARIOS PELIGROS¹

CONCENTRADO		PELIGROS DE HIDROCARBUROS ² (GASTOS DE APLICACION)			PELIGROS SOLVENTES POLARES -ALCOHOLES	
DE ESPUMA	RIESGO	TANQUES DE ALMACENAMIENTO ³ 0.1 GPM/ft ² (4.07 LPM/m ²)	INCENDIOS DE FUGAS. 0.10GPM/ft ² 0.52 LPM/m ²	TANQUES DE ALMACENAMIENTO. ³	INCENDIOS DE FUGAS. BOQUILLAS Y MONITORES TIPO I ⁴ DISPOSITIVOS ELEVADOS.	
	EN: →					
↓	METODO DE APLICACION + + +	CAMARA FI GAS DE SUPE RIDE.	INYECCION SUBSUPER FICIAL	BOQUILLAS, MONITORES, DISPOSITIVO ELEVADO	VER TABLAS 5.5 Y 5.6 PARA DETALLES DE PROPORCIONES Y GASTOS.	
FLUOROPROTEICO						
Aer-O-Foam XL-3		3%	3%	3%	NR	NR
Aer-O-Foam XL-3 (C & Cold Foam)		6%	6%	6%	NR	NR
Aer-O-Film 3		3%	NR	3%	NR	NR
PROTEICO REGULAR						
Aer-O-Foam 3% (C & Cold Foam)		3%	NR	3%	NR	NR
Aer-O-Foam 6%		6%	NR	6%	NR	NR
AER-O-WATER (AFFP)						
Aer-O-Water Plus (C & Cold Foam)		3%	NR	3% ⁵	NR	NR
Aer-O-Water 6		NR	NR	6% ⁵	NR	NR
Aer-O-Film 3		3%	NR	3%	NR	NR
Aer-O-Water 1%		1%	NR	1%	NR	NR
UNIVERSAL						
UNIVERSAL		3%	3%	3% ⁵	6% TIPO II	6%

1. SECTION II, FOAM CONCENTRATES, NATIONAL FOAM SYSTEM, INC.

2. NORMA NFPA 11 (1).

3. VER SECCION 5.4 y 5.5 DE ESTE TRABAJO.

4. LOS DISPOSITIVOS TIPO II, PARA APLICACION DE ESPUMA, SON AQUELLOS QUE TIENEN UN DEFLECTOR EN LA DESCARGA DE LA ESPUMA EN EL INTERIOR DEL TANQUE.

5. LA NORMA NFPA 11 PERMITE UN GASTO DE 0.10 GPM/ft² PARA APLICACION POR MEDIO DE BOQUILLAS.

NR: NO RECOMENDABLE.

La Tabla 5.4 lista los concentrados de espuma comunes, el peligro que ella protege y los métodos de aplicación.

5.2.2 CARACTERISTICAS IMPORTANTES DE LOS CONCENTRADOS DE ESPUMA

Concentrados de espuma Aer-O-Foam Fluoroprotéico

Se recomiendan para protección de productos hidrocarburos inflamables. Son disponibles al 3% y 6% de proporción, y se pueden usar con agua de mar y agua dulce (30). El concentrado de espuma Aer-O-Film, es un FFFP (Film-Forming Fluoroprotein) disponible al 3% de concentrado y recomendable para usarse con agua de mar o con agua dulce. Este concentrado es adecuado para usarse en aeropuertos, para protección de fugas, y para departamentos de bomberos.

Concentrados de espuma Aer-O-Foam Regular

Estos concentrados son diseñados para usarse en incendios de líquidos hidrocarburos inflamables con dispositivos tipo NFPA II y boquillas de espuma de aspiración de aire. Disponibles al 3% y 6% de proporción. Pueden ser usados con agua dulce o con agua de mar. El concentrado "Cold Foam" es recomendable para usarse en climas fríos.

Concentrados de espuma Aer-O-Water (AFFF) (Aqueous Film Forming Foams (AFFF))

Los concentrados de espuma AFFF son más efectivos en combustibles con altos coeficientes de tensión superficial tales como el keroseno, aceite diesel, y jet fuels; son menos efectivos sobre combustibles de baja tensión superficial tal como el hexano y gasolinas de alto octanaje. Este tipo de concentrados pueden ser utilizados con agua dulce y con agua de mar. Son excelentes agentes humectantes sobre incendios Clase A y son compatibles con agentes químicos secos.

Concentrados de espuma para protección de solventes polares

El agua mezclada con ciertos líquidos inflamables y combustibles, así como los solventes polares destruyen a la espuma regular (tipo hidrocarburo) debido a que extraen el agua contenida en ellas, degradando rápidamente la capa de espuma. Por lo cual estos combustibles requieren espumas tipo alcohol o tipo solvente polar. Estas incluyen un aditivo que protege la capa de espuma del agua mezclada en el combustible.

El concentrado de espuma "Universal" es fabricada como un agente de aplicación tanto para solventes polares como para hidrocarburos. Este tipo de espuma puede ser usada con agua dulce y con agua de mar.

Concentrados de espuma de alta expansión (SYNDENT)

El concentrado de espuma de alta expansión (SYNDENT) es diseñado para usarse a través de dispositivos de aspiración de aire, produciendo una expansión de espuma desde 100 hasta 1000 a 1. La proporción de 1 1/2% es recomendada para generadores de espuma de mediana a alta expansión.

Las espumas de alta expansión están dirigidas para uso primario en incendios Clase A, en áreas confinadas o lugares inaccesibles para combate de incendios. Aunque han demostrado [30] alguna utilidad en incendios de fugas de limitado tamaño de líquidos inflamables.

5.3 EL AGUA PARA EL COMBATE DE INCENDIOS

El agua es y ha sido el agente extintor más ampliamente utilizado, aquí se discutirán las propiedades del agua, como agente extintor, así como sus ventajas y limitaciones.

TABLA 5.5 PROPORCION Y GASTOS DE APLICACION LISTADOS POR EL
UNDERWRITERS LABORATORIES

LOS GASTOS ESTAN DADOS EN GPM/ft² (LPM/m²)

GRUPO DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE ESPECIFICO DE PRUEBA	PROPORCION %	GASTO DE PRUEBA UL	GASTO DE APLICACION RECOMENDADO POR UL TIPO II
Alcoholes	Alcohol Isopropilico	5	0.10 (4.07)	0.17 (6.93)
Metanol	Metanol	5	0.06 (2.44)	0.10 (4.07)
Etanol	Etanol	5	0.06 (2.44)	0.10 (4.07)
Ketonas	Metil-Etil-Ketona	5	0.10 (4.07)	0.17 (6.93)
Aminas	Diamina de Etileno	5	0.10 (4.07)	0.17 (6.93)
Acidos Carboxilicos	Acido Acético	5	0.10 (4.07)	0.17 (6.93)
Esteres	Acetato de Butilo	5	0.06 (2.44)	0.10 (4.07)
Eteres	Eter Isopropilico	5	0.06 (2.44)	0.10 (4.07)
Aldehidos	Propionaldehido	5	0.13 (5.30)	0.21 (8.58)
Hidrocarburos	Heptano	3	0.04 (1.63)	0.10 (4.07)

Propiedades físicas del agua

Las propiedades físicas que hacen al agua un buen agente extintor son [28]:

1. A temperatura ordinaria es un líquido denso relativamente estable.
2. El derretimiento de 0.45 kg (1 lb) de hielo a agua a 0°C (32°F) absorbe 151.3 KJ (143.4 Btu), el cual es el calor de fusión del hielo.
3. Los Btu requeridos para alcanzar la temperatura 1 lb de agua de 32°F a 212°F serian 180 Btu.
4. El calor latente de vaporización del agua, convirtiendo 1 lb (0.45 kg) de agua a vapor a una temperatura constante es 970.3 Btu por lb (2254.8 KJ/kg) a la presión atmosférica.
5. Cuando el agua es convertida de líquido a vapor, su volumen

a presión atmosférica se incrementa aproximadamente 1 800 veces. Este gran volumen de agua (vapor saturado) desplaza un volumen igual de aire alrededor del incendio (fuego), reduciendo así el volumen de aire (oxígeno) disponible para sostener la combustión.

TABLA 5.6 OTROS GASTOS RECOMENDADOS
 (Basados en pruebas por el NF¹ de acuerdo con el UL-162)
 LOS GASTOS ESTAN DADOS EN GPM/ft² (LPM/m²);

LIQUIDO INFLAMABLE	PROPOR- CION %	GASTO DE APLICACION TIPO II
N-Propanol	8	0.10 (4.07)
N-Butanol	8	0.10 (4.07)
Isodecanol	8	0.10 (4.07)
Acetato de Etilo	8	0.10 (4.07)
Acetato N-Propilo	8	0.10 (4.07)
Acetato de Butilo	8	0.10 (4.07)
Acetato-Metil Amilico	8	0.10 (4.07)
Acrilato de Metilo	8	0.10 (4.07)
Acetona	8	0.17 (6.93)
Ketona-Metil-		
Isobutilo	8	0.10 (4.07)
Eter-Glicol	8	0.10 (4.07)
Gasolina	3	0.10 (4.07)
Gasohol 10%	3	0.10 (4.07)

¹ SECTION II, FOAM CONCENTRATES, NATIONAL FOAM SYSTEM, INC.

No existe un material semejante al agua fácilmente disponible, que tenga todas estas características. Su aplicación en forma de hielo o nieve podría enfriar mejor que una lámina de agua, debido a que éste tomaría 143.3 Btu/lb (337.2 kJ/kg) para convertir el hielo o la nieve a agua, pero no es práctico hacer esto.

5.3.1 USO DEL AGUA EN PELIGROS ESPECIALES

Incendios de líquidos combustibles e inflamables

El aceite combustible pesado, aceite lubricante, asfalto, y otros líquidos con alto punto de inflamación no generan vapores inflamables a menos que sean calentados. Una vez encendidos, el calor del incendio provocará una completa vaporización continua. Si el agua en forma de neblina (Spray) es aplicada a la superficie de tal líquido en combustión de alto punto de inflamación, el enfriamiento hará descender gradualmente la vaporización, posibilitando entonces la extinción del incendio.

Si el agua es aplicada a líquidos en combustión con altos puntos de inflamación por medio de neblina gruesa (regadera), la extinción puede ser obtenida por emulsificación.

La capacidad del agua sin aditivos (agentes espumantes) para acabar con el incendio está limitado para líquidos inflamables de bajo punto de inflamación, tales como los líquidos inflamables Clase I. Cualquier agua que alcanza la superficie de combustión, de líquidos inflamables de bajo punto de inflamación en un tanque, probablemente descenderá dentro de él y puede causar que el tanque se derrame. En el caso de un incendio por derrame, el agua probablemente provocará que el incendio se expanda. El manejo profesional de cierto tipo de chiflones de atomización pueden generar la extinción del incendio en estos líquidos o, en un mínimo, control efectivo del incendio.

El uso del agua en un incendio de productos de petróleo pueden ser resumidos en los siguientes puntos:

- 1) Como un agente de enfriamiento, el agua puede ser usada para:
 - a) Cortar la liberación de vapor de la superficie de un aceite de alto punto de inflamación, y así extinguir el

incendio.

- b) Proteger las maniobras de incendio, de la flama y el calor radiante, cuando halla que cerrar una válvula o haciendo otros trabajos que requieran acercarse al incendio.
- c) Proteger las superficies expuestas a la flama; mayormente efectivo cuando la superficie esta arriba de los 100°C.

2) Como una herramienta mecánica, un chorro de agua puede trabajar a distancia para:

- a) Control de fugas.
- b) Dirigir el flujo al producto de petróleo para prevenir su ignición, o mover el incendio a un área donde haga menor daño.

3) Como un medio de desplazamiento, el agua puede ser usada para:

- a) Hacer flotar el aceite sobre una fuga en un tanque ya sea antes o durante el incendio.
- b) Cortar el escape de combustible bombeando esta a una fuga de tubería por arriba de la fuga.

5.4 SISTEMA DE ESPUMA PARA PROTECCION POR EL METODO DE SOFOCAMIENTO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES

5.4.1 SELECCION DEL SISTEMA DE ESPUMA APROPIADO

Para la adecuada selección de un sistema de espuma para protección de tanques de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables, primero, es necesario determinar el tipo de líquido inflamable o combustible que va a ser manejado en el tanque; generalmente, pueden ser divididos en dos grupos básicos: los hidrocarburos y los solventes polares.

Una vez que es determinada la clasificación de los productos,

el tipo de tanque de almacenamiento debe ser considerado. Los líquidos inflamables son almacenados en tanques de variado diseño, dependiendo de las condiciones de almacenamiento, características de los líquidos inflamables y otros factores. Los tanques de uso común son de techo cónico, de techo flotante abierto, de techo flotante cubierto y tanques horizontales.

5.4.2 PROTECCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS

A) TANQUES DE TECHO CONICO

Estos tanques son equipados con un techo cónico fijo, el cual es soldado a la pared vertical de acero. Los tanques diseñados de acuerdo a las Normas API tienen una junta delgada en esta unión. En el evento de una explosión interna, la junta usualmente abre; el techo se desprende dejando el cuerpo intacto para retener los contenidos del tanque. El fuego resultante envolverá completamente la superficie del producto.

Existen cuatro métodos aceptados para protección de este tipo de tanques [31]:

1. Método Subsuperficial.
2. Método de la Cámara de Espuma.
3. Método de la Torre Portátil de Espuma.
4. Método del Monitor y Boquilla Portátil de Espuma.

1) Método Subsuperficial (Inyección en la base)

El sistema subsuperficial es recomendable para la protección de hidrocarburos exclusivamente. Los tanques de almacenamiento de solventes polares no pueden ser protegidos por este método.

El método subsuperficial produce espuma por medio de un generador de alta presión de carga, localizado en el exterior del tanque y forzando a la espuma a través de una tubería hacia la base del tanque. Esta tubería puede ser la línea existente del producto

o una especialmente instalada para la aplicación de la espuma; la cual asciende a través del producto para formar una cubierta a prueba de vapor sobre la superficie (figuras 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12).

La espuma empleada con este sistema debe ser generada con concentrados de espuma XL Fluoroprotéica o Universal. Ambas son proporcionadas al 3% para esta técnica de aplicación. Las espumas hechas con concentrados "Regular"; no deberán ser usados, debido a que llegarán a ser saturados con los líquidos inflamables y arderán antes de que alcancen la superficie. Los elementos de diseño usados en un sistema de inyección subsuperficial de espuma son contemplados en los siguientes párrafos.

El número mínimo de conexiones subsuperficial es especificado en la Tabla 5.7. Deberá complementarse con mangueras de chorro de espuma de 50 gpm (190 lpm) como mínimo para protección de incendio de fugas (ver Tabla 5.9). Deberá ser previsto un adicional suministro de concentrado de espuma para permitir la operación simultánea con el sistema del tanque.

TABLA 5.7 REQUISITOS DE APLICACION DE ESPUMA
(SUBSUPERFICIAL)

DIAMETRO DEL TANQUE (ft.)	PETROLEO CRUDO O GASOLINA	ACEITES COMBUSTIBLES
hasta 80 hasta 24.4	1	1
> 80 a 120 24.4 a 36.5	2	1
>120 a 140 36.5 a 42.6	3	2
>140 a 160 42.6 a 48.7	4	2
>160 a 180 48.7 a 54.8	5	2
>180 a 200 54.8 a 60.9	6	3
>200 (60.9) agregando una salida por cada área adicional de:	5000 ft ² (464.5 m ²)	7500 ft ² (696.7 m ²)

El sistema subsuperficial de espuma no es recomendado para usarse con productos hidrocarburos que tengan viscosidades por arriba de 2000 SSU a 15°C. Refiriéndose a la Norma NFPA 11, Ed.

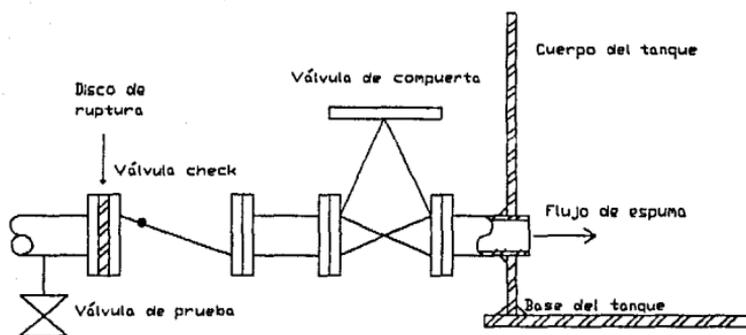


Figura 5.6 Conexión de descarga típica en tanques.

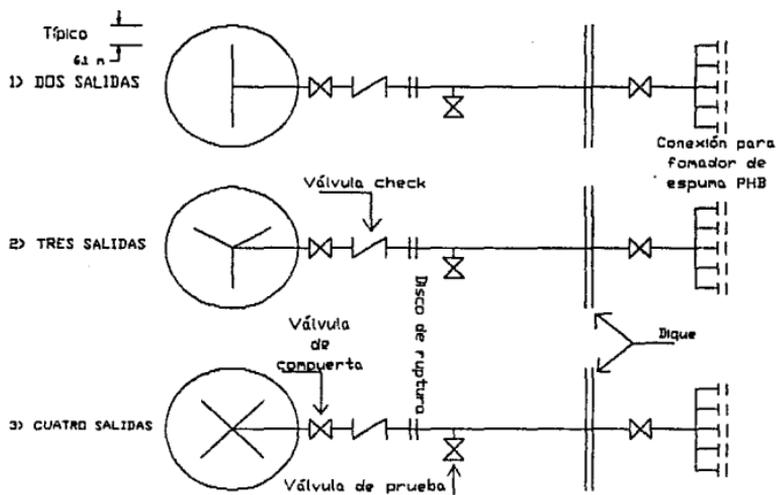


Figura 5.7 Arreglo típico de salidas múltiple de espuma.

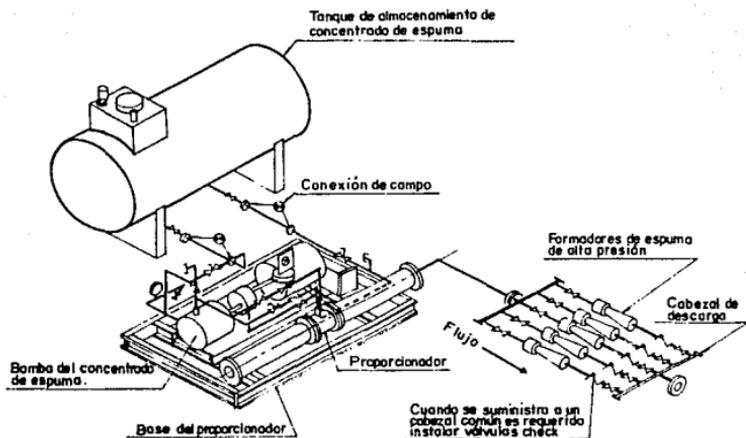
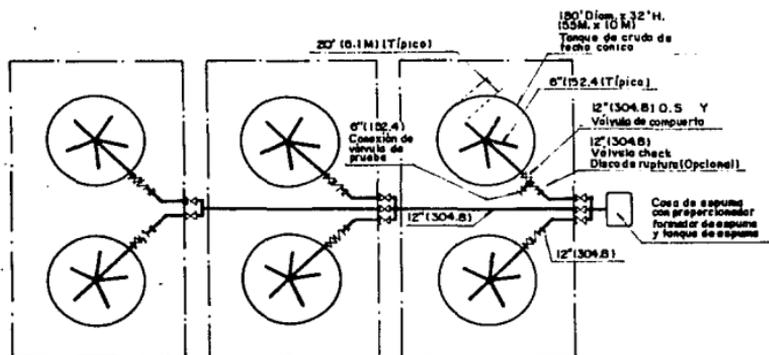


Figura 5.8 Típico sistema para inyección superficial de presión balanceado



Todas las dimensiones en pulgadas (mm) a menos que se indique lo contrario

Figura 5.9 Típico tubería de campo para inyección subsuperficial

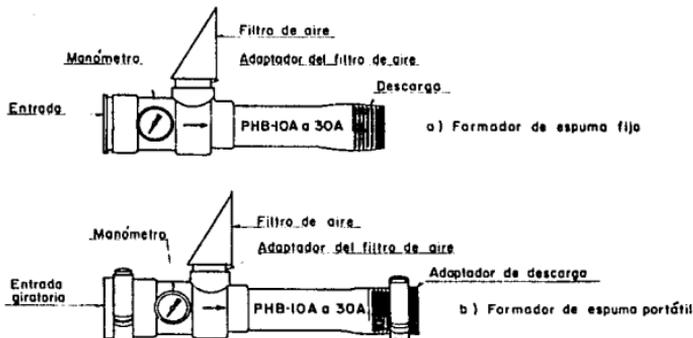


Figura 5.10 Formadores de espuma de alta presión; Módulos fijo y portátil PHB-10A al PHB-30A.

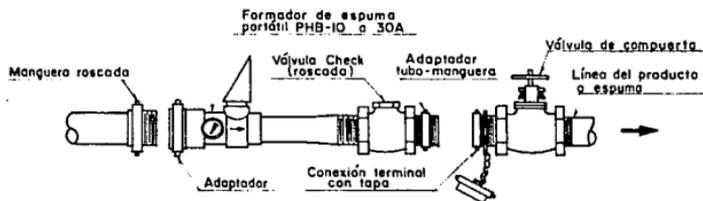


Figura 5.11 Conexión típica de un formador de espuma portátil de alta presión.

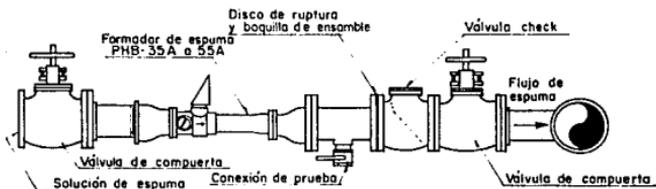


Figura 5.12 Típica instalación fija de un formador de espuma de alta presión.

1983, páginas 11-30, indican una máxima viscosidad de 25 SSF a 50°C del producto. Sin embargo, a la hora del incendio, el producto fue almacenado a 15°C, y por lo cual la conversión de la viscosidad es 2000 SSU a 15°C.

Proporción de la Aplicación de la Solución de Espuma

La proporción de aplicación de la solución de espuma será, en la mayoría de los casos, de 0.1 gpm/ft² (4 lpm/m²) de área de la superficie del tanque. Las pruebas indican que la máxima razón de inyección es 0.2 gpm/ft² (8.15 lpm/m²) o dos veces la razón normal, el exceso decreta la efectividad [31].

Cantidad de Concentrado de Espuma

El requisito del tiempo de operación necesario del concentrado de espuma para varias categorías de productos son listados en la Tabla 5.8. Una adicional cantidad deberá ser necesaria para complementar el uso de mangueras de chorro como se indica en la Tabla 5.9.

Para determinar los requisitos de concentrado de espuma para aplicación subsuperficial, es recomendado que una razón de inyección al 3% sea usada para reforzar la espuma contra este método relativamente severo de aplicación.

La cantidad requerida de concentrado de espuma es determinada como sigue:

$$CCE = A Q P T \quad (5.4.1)$$

Donde:

- CCE= Cantidad de concentrado de espuma, en litros;
- A= Área de la superficie libre del líquido, en m²;
- Q= Gasto de aplicación de la solución, en lpm/m²;
- P= Proporción de aplicación del concentrado, adimensional;
- T= Tiempo mínimo de aplicación requerido, en minutos.

Ejemplo de diseño

La cantidad de concentrado de espuma requerida para aplicación subsuperficial, en un tanque de 30 m de diámetro conteniendo gasolina, es calculada por medio de la ecuación 5.4.1, teniendo:

Diámetro del tanque: 30 m.

$$A = 706.85 \text{ m}^2.$$

$$Q = 4 \text{ lpm/m}^2.$$

P = 3%, considerando concentrado XL-3.

T = 55 minutos, para gasolina, (ver Tabla 5.8).

$$CCE = (706.85)(4)(0.03)(55) = 4665 \text{ litros.}$$

Nota: Este valor no incluye la cantidad complementaria de las mangueras de chorro.

La cantidad complementaria de concentrado de espuma para mangueras de chorro de espuma, se determina de acuerdo con la ecuación 5.4.2.

$$CCEa = Q P \text{ No. Mang. T} \quad (5.4.2)$$

Donde:

CCEa = Cantidad de concentrado de espuma adicional, en litros;

Q = Gasto de aplicación de la solución por manguera, en lpm/m^2 ;

P = Proporción de aplicación del concentrado, adimensional;

No Mang. = Número de mangueras;

T = Tiempo mínimo de aplicación requerido, en minutos.

La cantidad total de concentrado de espuma requerido será:

$$CCET = CCE + CCEa \quad (5.4.3)$$

Donde:

CCET = Cantidad total de espuma requerido, en litros;

CCE = Cantidad de concentrado de espuma requerido, de acuerdo al método de aplicación, en litros;

CCEa = Cantidad de concentrado de espuma adicional para mangueras de chorro, en litros;

TABLA 5.8 TIEMPO DE OPERACION REQUERIDO DEL
CONCENTRADO DE ESPUMA (SUBSUPERFICIAL)

PRODUCTO	TIEMPO DE OPERACION A LA MINIMA RAZON DE SOLUCION (minutos)
Aceites lubricantes, residuos viscosos secos, etc. con puntos de inflamación mayor de 93°C.	25
Aceite combustible, kerosina, etc., con puntos de inflamación de 38°C a 93°C.	30
Gasolina, petróleo crudo, benceno, etc., con puntos de inflamación menores de 38°C.	55

TABLA 5.9 REQUISITO COMPLEMENTARIO DE MANGUERAS DE CHORRO

DIAMETRO DEL TANQUE MAYOR		No. MINIMO DE MANGUERAS DE CHORRO	TIEMPO DE OPERACION A LA MINIMA RAZON DE SOLUCION. (minutos)
(ft)	(m)		
Hasta 35	hasta 10.6	1	10
>35 a 65	>10.6 a 19.8	1	20
>65 a 95	>19.8 a 28.9	2	20
>95 a 120	>28.9 a 36.6	2	30
> 120	> 36.6	3	30

2) Método de la Cámara de Espuma

Este método consiste de una o más cámaras de espuma instaladas sobre el cuerpo del tanque, justamente abajo de la junta del techo. Una tubería de solución de espuma es extendida desde la fuente de proporción, en el exterior del dique, al formador de espuma localizado en el extremo superior de la cámara. Un deflector es localizado en el cuerpo interior del tanque para deflectar la descarga contra el cuerpo. La figura 5.13 y 5.14 ilustran un formador y cámara de espuma típicos.

Proporción de Aplicación de la Solución

La proporción de aplicación mínima de solución de espuma para líquidos hidrocarburos es de 0.1 gpm/ft² (4 lpm/m²) de superficie de área del producto. El suministro de concentrado de espuma debe ser suficiente para operar el sistema para un período mínimo de tiempo. El tiempo de descarga mínimo para cámaras MCS son indicados en la Tabla 5.10.

Número de Cámaras de Espuma

El número requerido de cámaras de espuma es determinado por el diámetro del tanque. Cuando dos o más cámaras de espuma son requeridas, éstas deberán ser igualmente espaciadas alrededor del perímetro del tanque. Cada cámara deberá ser diseñada para liberar espuma a la misma razón aproximadamente. La Tabla 5.11 indica el número de cámaras requeridas para varios diámetros de tanques de techo cónico.

Cantidad de Concentrado de Espuma

La cantidad requerida de concentrado de espuma es determinada de acuerdo a la ecuación 5.4.1.

Para una planta conteniendo varios tanques conectados al mismo sistema, el requisito del mayor tanque solo es el mínimo requerimiento para la planta. No es necesario agregar todos los requerimientos. Las Normas NFPA requieren solo que el sistema sea diseñado para el mayor riesgo particular.

Complementarias mangueras de chorro de espuma de 50 gpm (190 lpm) como mínimo deberán ser proporcionadas para protección de incendios de fugas. Adicional suministro de concentrado de espuma deberá ser previsto para permitir operación simultánea de boquillas portátiles con el sistema. El mínimo número de boquillas (mangueras

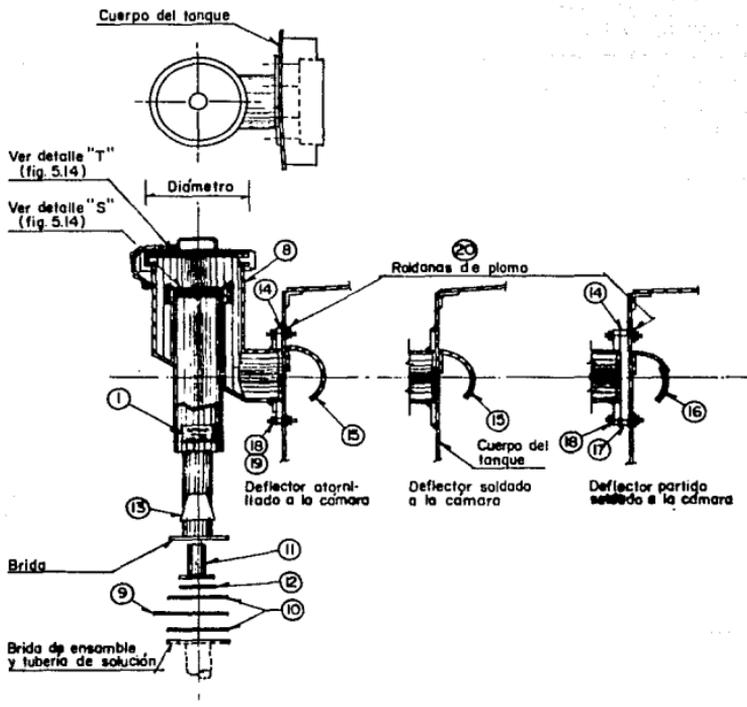
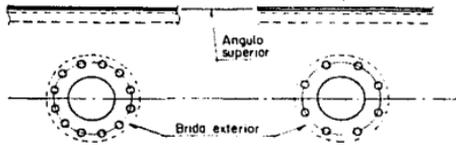
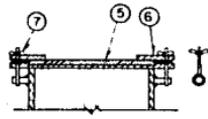


Figura 5.13 Ensamble exterior - cámara de espuma MCS tipo A y formador de espuma.

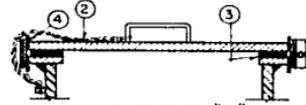


DETALLE
Corte del tanque para cámara de espuma MCS-55

DETALLE
Corte del tanque para cámara de espuma MCS-9 MCS-17 y MCS-33



DETALLE "S"



DETALLE "T"

NOMENCLATURA	
No	Descripción
1	Placa de datos
2	Cubreplaca
3	Empaque
4	Clip-V
5	Diaphragma
6	Aro del diafragma
7	Paloma roscada
8	Cámara/formador de espuma
9	Placa de anclaje
10	Empaque del anillo
11	Receptor del formador de espuma
12	Anillo resorte
13	Remata de tubería
14	Filtro de aire
15	Empaque de la brida
16	Deflector soldado
17	Deflector partido
18	Espirado
19	Tuerca
20	Tornillo de cabeza
	Roldana de plomo

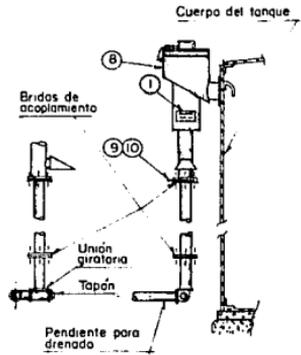


Figura 5.14 Ensamble general y detalles. Cámara de espuma MCS tipo A y formador de espuma.

de espuma) y el tiempo de operación son especificados en la Tabla B.12.

Cámaras de Espuma

El tamaño de la cámara depende de la capacidad requerida y la presión disponible en el formador de espuma. La figura B.13 muestra el rango de las cámaras de espuma y las capacidades de los formadores a varias presiones de entrada de estos. Para seleccionar el apropiado tamaño de la cámara, es necesario estimar la presión disponible en la entrada del formador de espuma. El gasto total de aplicación para la selección de la cámara de espuma se encuentra por medio de la expresión siguiente:

$$GTA = A Q \quad (B.4.4)$$

Donde:

GTA= Gasto total de aplicación al tanque, en lpm;

A= Area de la superficie libre del líquido, en m^2 ;

Q= Gasto de aplicación en lpm/m^2 .

Ejemplo de diseño

El siguiente párrafo ilustra las consideraciones básicas en el diseño de un sistema.

Consideremos un tanque de 30 m de diámetro conteniendo gasolina. El gasto de aplicación es de 4 lpm/m^2 .

Aplicando la ecuación B.4.4, el gasto total de aplicación deberá ser:

$$A = 706.86 \text{ m}^2;$$

$$GTA = A Q = (706.86 \text{ m}^2)(4 \text{ lpm/m}^2) = 2828 \text{ lpm.}$$

Número de cámaras de espuma requeridas (ver Tablas B.11): 2 cámaras de espuma.

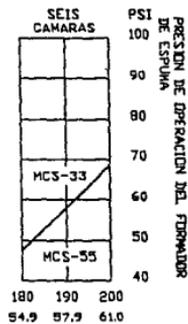
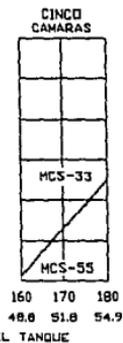
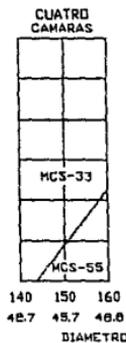
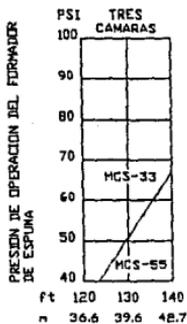
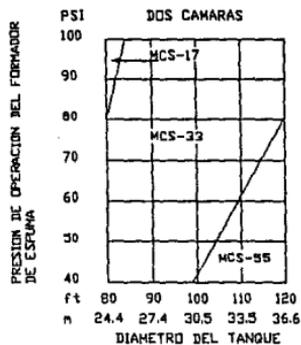
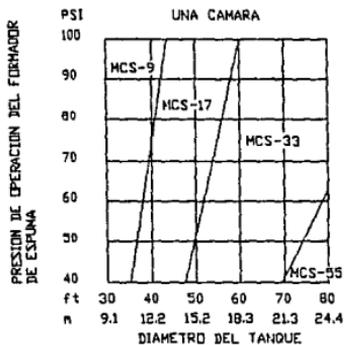


Figura 5.15 Gráficas para la selección de la cámara, de acuerdo a la presión de entrada en el formador de espuma (Sólo para hidrocarburos).

Cantidad mínima de concentrado de espuma requerida para el sistema de cámaras; aplicando la ecuación 5.4.1, tenemos:

$$CCE = A Q P T \quad (5.4.1)$$

donde:

$$A = 708.88 \text{ m}^2;$$

$$Q = 4 \text{ lpm/m}^2;$$

$$P = 3\%, \text{ considerando XL-3};$$

$$T = 55 \text{ minutos, (ver Tabla 5.10).}$$

$$CCE = 708.88(4)(0.03)(55) = 4685.3 \text{ litros.}$$

Ahora, determinando la cantidad complementaria de concentrado de espuma para mangueras de chorro, aplicando la ecuación 5.4.2:

$$CCEa = Q P \text{ No. Mang. } T \quad (5.4.2)$$

donde:

$$Q = 190 \text{ lpm};$$

$$P = 3\%, \text{ considerando concentrado XL-3};$$

$$\text{No. Mang.} = 2 \text{ (ver Tabla 5.12)}$$

$$T = 30 \text{ minutos, (ver Tabla 5.12).}$$

$$CCEa = 190(0.03)(2)(30) = 342 \text{ litros.}$$

Cantidad total de concentrado de espuma requerido:

$$CCET = CCE + CCEa \quad (5.4.3)$$

$$CCET = 4685.3 + 342 = 5008 \text{ litros.}$$

Selección de la Cámara Formadora de Espuma:

Assumiendo una presión de entrada de espuma de 50 psi (3.52 Kg/cm²) y un gasto total de aplicación por cámara de 1414 lpm y usando la figura 5.15, se tiene que dos cámaras Tipo A MCS-33 serían requeridas para un tanque de 30 m de diámetro.

El Sistema de Proporción deberá estar definido por las

especificaciones recomendables para manejar este sistema particular, cumpliendo las normas del National Foam Engineering Manual.

3) Método de la Torre Portátil de Espuma

La torre portátil de espuma deberá ser transportada a la escena del incendio y erigida para descargar hacia el tanque en combustión. Mientras las torres portátiles de espuma pueden ser usadas en lugar del método de la cámara de espuma, la Norma NFPA 11 incluye algunas reservaciones que son esenciales cumplir de acuerdo a lo siguiente:

"Las torres tienen limitaciones, requieren accesabilidad al tanque, y el personal debe localizar y poner el aparato en operación. En algunas circunstancias, vehículos especiales son necesarios para transportar el equipo a la vecindad del incendio. La suficiencia de tales como un sistema deberá ser determinado por el número y disponibilidad de hombres y equipo. Debido a esto, las torres portátiles de espuma pueden no ser prácticas para tanques mayores de 61 m de diámetro".

Las torres portátiles de espuma son disponibles en cuatro tamaños listados en la Tabla 5.13.

Las figuras listadas en la Tabla 5.13 indican las capacidades de solución en gpm y lpm, usando la menor y mayor placa de orificio en el formador de espuma.

La primera determinación en el diseño de un sistema por medio de la torre es la razón de aplicación. Para hidrocarburos ésta es usualmente de 0.1 gpm/ft^2 (4 lpm/m^2) de área superficial.

El siguiente paso en el diseño es determinar el número de torres como se indica en la Tabla 5.13.

Una vez que la razón de aplicación y el número de torres

requeridas han sido determinadas, el tamaño de la torre debe ser seleccionado como se muestra en la Tabla 5.13, basado sobre la razón de gasto requerido para cada torre y la presión de entrada del formador de espuma. Para determinar el tiempo de operación requerido del concentrado, se hace referencia a la Tabla 5.14.

Mangueras complementarias de chorro de espuma de 50 gpm (190 lpm) como mínimo deberán ser proporcionadas para protección de incendio de derrames. El número mínimo es especificado en la Tabla

TABLA 5.10 REQUERIMIENTO DEL TIEMPO DE OPERACION DEL
CONCENTRADO DE ESPUMA (CAMARA DE ESPUMA)
APLICACION TIPO II

PRODUCTO	TIEMPO DE OPERACION A LA MINIMA RAZON DE SOLUCION (minutos)
Aceites lubricantes; residuos viscosos secos de más de 50 SSF a 80°C; aceites combustibles secos, etc., con puntos de inflamación mayores de 93°C.	25
Kerosina; aceites ligeros, combustibles diesel, etc., con puntos de inflamación de 38°C a 93°C.	30
Gasolina; nafta, benzol, y líquidos similares; con puntos de inflamación menores de 38°C.	55
Petróleo crudo	55

5.8. Un suministro adicional de concentrado de espuma deberá ser proporcionado para permitir la operación simultánea con el sistema del tanque.

Ejemplo de diseño

Consideremos la protección de un tanque de 30 m de diámetro, almacenando gasolina.

TABLA 5.11 REQUISITOS DE CAMARAS DE ESPUMA

DIAMETRO DEL TANQUE (ft)		DIAMETRO DEL TANQUE (m)		NUMERO MINIMO DE DESCARGAS
hasta	80	hasta	24.4	1
>	80 a 120	24.4 a	38.5	2
>	120 a 140	38.5 a	42.6	3
>	140 a 160	42.6 a	48.7	4
>	160 a 180	48.7 a	54.8	5
>	180 a 200	54.8 a	60.9	6

NOTA: SE SUQUIERE QUE PARA TANQUES MAYORES DE 200 ft (61 m) DE DIAMETRO, ALMENOS UNA SALIDA DE DESCARGA ADICIONAL SEA AGREGADA POR CADA 3000 ft² (484.3 m²) DE AREA SUPERFICIAL ADICIONAL DEL PRODUCTO.

TABLA 5.12 REQUISITO COMPLEMENTARIO DE MANGUERAS DE CHORRO

DIAMETRO DEL TANQUE MAYOR (ft) (m)		No. MINIMO DE MANGUERAS DE CHORRO	TIEMPO DE OPERACION A LA MINIMA RAZON DE SOLUCION (minutos)
Hasta	35 hasta 10.6	1	10
>	35 a 65 >10.6 a 19.8	1	20
>	65 a 95 >19.8 a 28.9	2	20
>	95 a 120 >28.9 a 36.6	2	30
>	120 > 36.6	3	30

Dos torres son requeridas, ver Tabla 5.15. La razón total de solución requerida es 2971 lpm ó 1487 lpm por cada torre. Refiriéndonos a la Tabla 5.13 y asumiendo una presión en el formador de espuma de 75 psi (5.27 Kg/cm²), la Tabla señala que dos torres HT-33 son requeridas.

A continuación sigue la selección del método de proporción, que puede ser por medio de un camión o trailer.

4) Método del Monitor y Boquilla Portátil de Espuma

Las boquillas de espuma son generalmente usadas como

TABLA 5.13 CAPACIDAD DE LA TORRE DE ESPUMA

MODELO DEL FORMADOR DE ESPUMA	CAPACIDAD DE SOLUCION DEL FORMADOR DE ESPUMA (gpm)			CAPACIDAD DE SOLUCION DEL FORMADOR DE ESPUMA (lpm)		
	PRESION DEL FORMADOR DE ESPUMA (psi)			PRESION DEL FORMADOR DE ESPUMA (kg/cm ²)		
	40	75	100	2.81	5.27	7.03
HT-0	50-90	64-132	79-152	199-341	242-500	299-575
HT-17	90-175	132-237	152-277	341-662	500-897	575-1048
HT-33	175-380	237-520	277-600	662-1438	897-1988	1048-2271
HT-55	380-800	520-800	600	1438-2271	1988-2271	2271

protección auxiliar en conjunción con un sistema de tubería fijo o torres portátiles, son recomendables bajo limitadas condiciones, para protección primaria de pequeños tanques de almacenamiento de techo fijo. Las boquillas portátiles son también recomendables para extinción de incendios circulares de tanques de techo cónico.

Las boquillas portátiles de espuma, donde sean aceptadas por las autoridades que tengan jurisdicción, pueden ser usadas para protección de tanques de techo fijo no mayores de 30 m de diámetro y no mayores de 6 m de altura. Las boquillas de espuma montadas-en-monitor pueden ser usadas para protección de tanques de techo fijo hasta de 18 m de diámetro. Los monitores operados a nivel no son usualmente recomendados para protección de incendios circulares de techo flotante debido a la dificultad de dirigir la espuma hacia el espacio anular y el peligro de hundimiento del techo flotante. Para tanques de almacenamiento de hidrocarburos, la proporción de aplicación de espuma normal con boquilla es usualmente de 0.18 gpm/ft² (0.518 lpm/m²) de área superficial de líquido.

No es especificado el número de boquillas de espuma para aplicación en tanques. Cuando sean consideradas boquillas de espuma para este uso, especiales cuidados deberán tomarse por el viento, el rango de la boquilla, y descenso térmico. La cantidad de concentrado de espuma es calculado sobre las bases de la Tabla 5.16.

**TABLA 5.14 REQUERIMIENTO DEL TIEMPO DE OPERACION DEL
CONCENTRADO DE ESPUMA (TORRES DE ESPUMA)
APLICACION TIPO II**

PRODUCTO	TIEMPO DE OPERACION A LA RAZON MINIMA DE SOLUCION. (minutos)
Aceites lubricantes; residuos viscosos secos de más de 50 SSF a 90°C; aceites combustibles secos, etc., con puntos de inflamación mayores de 93°C.	35
Kerosina; aceites ligeros, combustibles diesel, etc., con puntos de inflamación de 38°C a 93°C.	50
Gasolina; nafta, benzol, y líquidos similares; con puntos de inflamación menores de 38°C.	65
Petróleo crudo	65

**TABLA 5.15 REQUERIMIENTO DE TORRES DE
ESPUMA PARA HIDROCARBUROS¹**

DIAMETRO DEL TANQUE (ft)	DIAMETRO DEL TANQUE (m)	NUMERO MINIMO DE TORRES
hasta 80	hasta 24.4	1
> 80 a 120	24.4 a 36.6	2
>120 a 140	36.6 a 42.8	3
>140 a 160	42.8 a 48.7	4
>160 a 180	48.7 a 54.8	5
>180 a 200	54.8 a 60.9	6

¹ CUANDO DOS O MAS TORRES SON REQUERIDAS, EL TAMAÑO DEBERA SER SELECCIONADO PARA LIBERAR APROXIMADAMENTE EL MISMO GASTO.

Ejemplo de diseño

Consideremos la protección de un tanque vertical de 18 m de diámetro, almacenando gasolina.

Aplicando la ecuación 5.4.4, tenemos:

$$GTA = A Q \quad (5.4.4)$$

Donde:

$$A = 254.5 \text{ m}^2;$$

$$Q = 6.518 \text{ lpm/m}^2;$$

$$GTA = 254.5(6.518) = 1659 \text{ lpm.}$$

Una boquilla PC-50 montada en monitor a 150 psi de presión de entrada, liberará 500 gpm (1898 lpm). Tomando como base la Tabla 5.16, la cantidad de concentrado de espuma deberá ser calculada como:

$$CCE = A G P T \quad (5.4.1)$$

$$A = 254.5 \text{ m}^2$$

$$G = 6.518 \text{ lpm/m}^2$$

$$P = 3\%, \text{ considerando concentrado XL-3;}$$

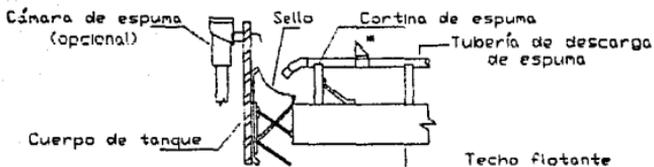
$$T = 65 \text{ minutos, ver Tabla 5.16.}$$

$$CCE = 254.5(6.518)(0.03)(65) = 3235 \text{ litros.}$$

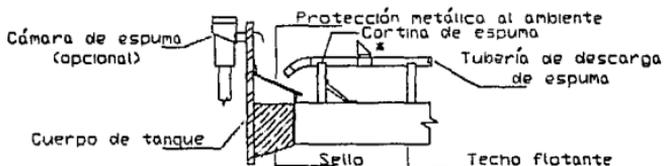
B) TANQUES DE TECHO FLOTANTE ABIERTO

El tanque de techo flotante abierto es similar al tanque de techo cónico, excepto que aquel no tiene un techo fijo. Un techo tipo pontón flota directamente sobre la superficie del líquido inflamable. El espacio entre el techo y el cuerpo del tanque es equipado con un zapato mecánico o tubo sellante como se ilustra en la figura 5.16.

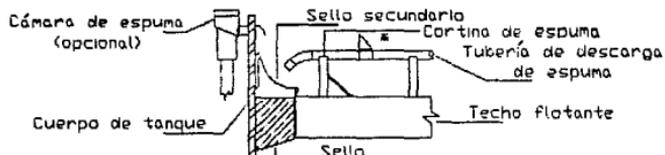
Debido a que el único lugar de la superficie del líquido



DETALLE A. Aplicación de la espuma por arriba del sello del zapato mecánico



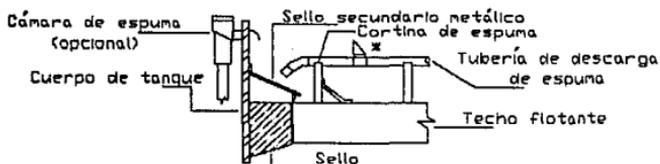
DETALLE A-1. Aplicación de la espuma por arriba de la protección metálica al ambiente.



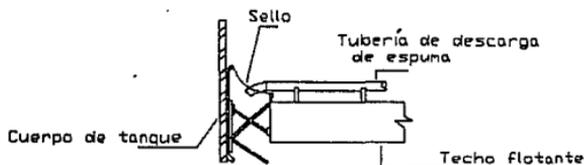
DETALLE A-2. Aplicación de la espuma por arriba del sello secundario de fibra combustible o metálica con secciones de fibra combustible

- Si es suministrada la SOLUCIÓN DE ESPUMA, este formador de espuma indicado debe instalarse para generar los burbujas.

Figura 5.16a Arreglos de sistemas de espuma para los métodos de la Catenario, Cámara múltiple y Sistema del Cople flexible.



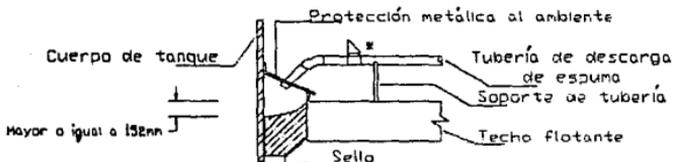
DETALLE A-3. Aplicación de la espuma por arriba del sello secundario metálico.



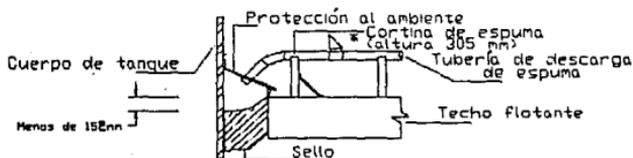
DETALLE B. Aplicación de la espuma por debajo del sello del zapato mecánico (sin cortina de espuma).

- Si es suministrada la SOLUCION DE ESPUMA, este Formador de espuma indicado debe instalarse para generar las burbujas.

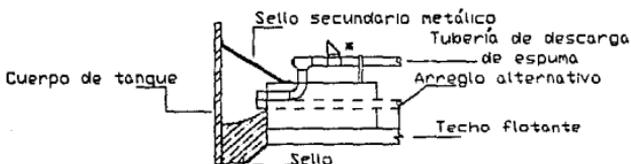
Figura 3.16b Arreglos de sistemas de espuma para los métodos de la Catenaria, Cámara múltiple y Sistema del Cople flexible.



DETALLE C. Aplicación de la espuma por debajo de la protección metálica al ambiente.



DETALLE C-1. Aplicación de la espuma por debajo de la protección metálica al ambiente.



DETALLE D. Aplicación de la espuma por debajo del sello secundario metálico.

- * Si es suministrada la SOLUCION DE ESPUMA, este formador de espuma indicado debe instalarse para generar las burbujas

Figura 5.16c Arreglos de sistemas de espuma para los métodos de la Catenaria, Cámara múltiple y Sistema del Cople Flexible.

**TABLA 5.18 REQUERIMIENTO DEL TIEMPO DE OPERACION
DEL CONCENTRADO DE ESPUMA
(BOQUILLA EN MONITOR O PORTATIL)**

PRODUCTO	NUMERO DE MINUTOS DE OPERACION A LA MINIMA RAZON DE SOLUCION
Aceites lubricantes, residuos viscosos secos, aceites combustibles secos, --- etc., con puntos de inflamación mayor de 93°C.	35
Kerosina; aceites ligeros, combustible diesel, etc., con pntos de inflamación desde 38°C a 93°C.	50
Gasolina, nafta, benzol, y líquidos similares; con -- puntos de inflamación menores de 38°C.	65
Petróleo crudo	65

inflamable que puede ser expuesto es en el punto donde el cuerpo y el techo se unen, la protección de espuma fija es usualmente diseñada para extinguir un incendio en esta área "sellante".

Tres técnicas son disponibles para aplicación de espuma a partir de salidas fijas sobre tanques de techo flotante abierto.

1. Método de la Cámara Múltiple.

Involucra la descarga de espuma hacia el área sellada, a partir de cámaras de espuma montadas sobre placas de acero sobre el anillo del techo del cuerpo del tanque.

2. Método del Sistema de la Catenaria.

Una red de tubería fija, permanentemente montada sobre el tope del techo flotante, descarga espuma hacia el área sellante.

3. Método del Cople Flexible.

Utiliza una combinación de manguera flexible dentro del tanque y tubería rígida fija montada sobre el techo flotante, para transportar la espuma al área sellante.

4. Método de la Boquilla Portátil.

Este método adicional utiliza un sistema de tubería fija sobre el exterior del cuerpo del tanque, para lo cual, boquillas portátiles son ancladas durante un incendio.

Se hace referencia a la Tablas 5.17a y 5.17b y a la figura 5.16 para los requisitos de salidas fijas sobre tanques de techo flotante abierto.

1) Método de la Cámara Múltiple.

Este método requiere una cortina para retener la espuma sobre el sello o protección al ambiente (figuras 5.17 y 5.18). Esta cortina es normalmente de 12 o 24 plg (305 o 710 mm) de altura. Los detalles constructivos complementarios de la cortina de espuma pueden ser encontrados en el apéndice de la Norma NFPA 11 [1]. Cuando un sello secundario es instalado, la cortina de espuma deberá extenderse por lo menos 2 plg (51 mm) por arriba del tope del sello secundario.

El perímetro del tanque determinará el número de puntos necesarios para aplicación de espuma. Las Tablas 5.17a y 5.17b se incluyen para determinar los requisitos del tanque de techo flotante abierto para salidas fijas.

La razón de aplicación y suministro de concentrado de espuma deberán ser calculados usando el área del anillo circular, entre la cortina circular y el cuerpo del tanque. Ver las Tabla 5.17a y 5.17b para la razón y el tiempo de aplicación. Con este método, la espuma es aplicada por las cámaras montadas al cuerpo, como se muestra en las figuras 5.17 y 5.18. Normalmente, las cámaras MCS-SFR son usadas en combinación con los formadores de espuma

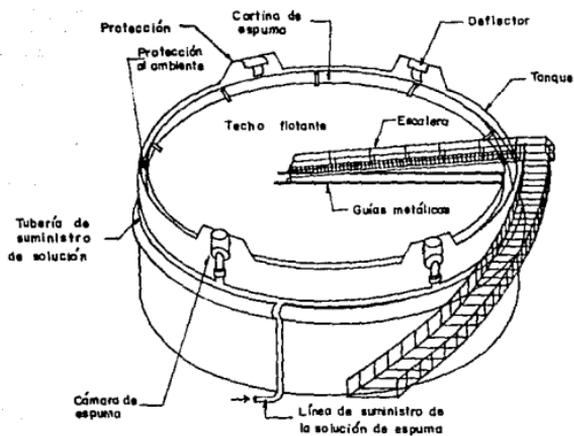
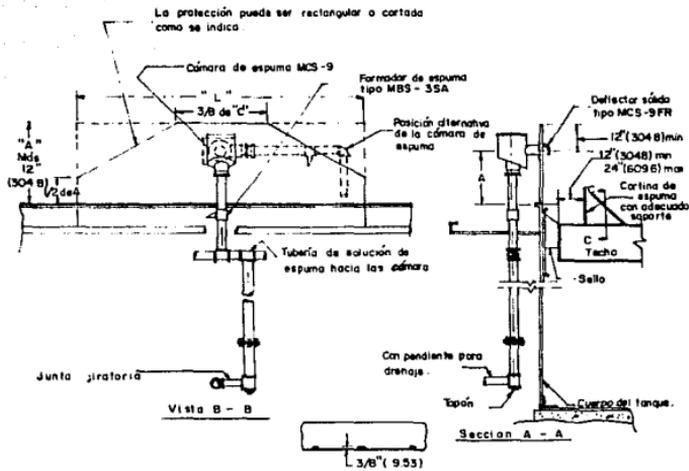


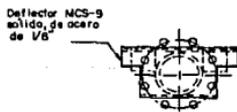
Figura 5.17 Arreglo típico del método de la cámara múltiple sobre un tonque de techo flotante .



Arreglo típico de cámaras de espuma

"A"	"L"
2' (0.61 m)	10' (3.05 m)
3' (0.91 m)	12' (3.66 m)
4' (1.22 m)	14' (4.27 m)

Todas las dimensiones en pulgadas (mm) a menos que se diga lo contrario



Instalación del deflector

Figura 5-18 Arreglo de la cámara Multiple
185

MBS-3SA o MBS-9SA. El gasto del formador de espuma a diferentes presiones son indicados en la figura 5.19 y 5.20.

Para el incendio de fugas se deberán prever como complemento mangueras de chorro de espuma, de 50 gpm (190 lpm) como mínimo. El número mínimo de estas es especificado en la Tabla 5.12. Además, un suministro adicional de concentrado de espuma deberá ser previsto para permitir la operación simultánea con el sistema del tanque.

2) Método del Sistema de la Catenaria

El sistema de la catenaria consiste de una serie de formadores de espuma espaciados a puntos equidistantes sobre el techo, cercano al sello. Estos formadores de espuma son conectados a una sección común de la tubería, conectada en espiral a una manguera flexible que asciende y desciende con la escalera. El extremo de esta manguera termina en el extremo superior de la plataforma, donde se conecta a una tubería que desciende verticalmente por el cuerpo del tanque y sale al exterior del dique. Ver figuras 5.21 y 5.22 para observar el arreglo típico de este sistema.

Cuando ocurre el incendio, la solución de espuma es bombeada bajo presión a través de la tubería vertical y la manguera flexible a los formadores de espuma. Este sistema puede ser diseñado para descargar espuma bajo el sello, directamente, sobre el líquido inflamable o puede descargar sobre el sello.

Si el sistema de la catenaria es diseñado para descargar espuma sobre la fibra sellante, la protección metálica al ambiente o la protección secundaria, el espaciamiento de la boquilla de descarga de espuma será determinado por la altura de la cortina de espuma. Ver Tablas 5.17a y 5.17b. Cuando un sello secundario es instalado, la cortina de espuma deberá extenderse por lo menos 2 pulgadas (50 mm) sobre el techo del sello secundario. La razón de aplicación de la solución de espuma deberá ser calculada empleando el área del anillo circular entre el cuerpo del tanque y la cortina de espuma. La cantidad de concentrado de espuma deberá ser adecuada

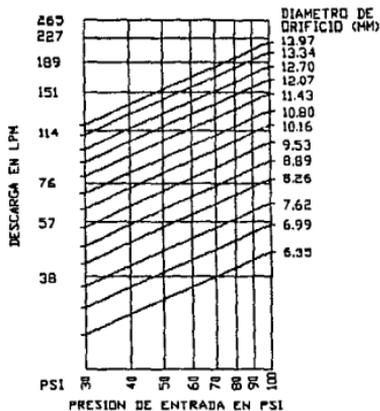
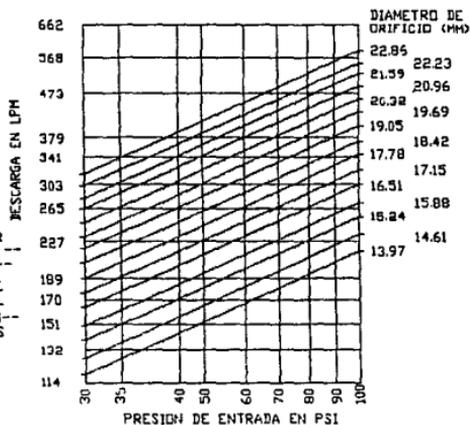


Figura 5.19 Curvas de gasto para diferentes diámetros de orificios MBS-3SA y MBS-3SSA.



NOTA: ES POSIBLE UTILIZAR ESTAS CURVAS COMO UNA GUÍA PARA SELECCION PRELIMINAR DEL DIAMETRO DEL ORIFICIO. PARA UNA SELECCION DEFINITIVA, SE DEBERA CONSULTAR LOS CATALOGOS ESPECIFICOS DE ESTOS DISPOSITIVOS APROBADOS.

Figura 5.20 Curvas de gasto para diferentes diámetros de orificio MBS-9SA y MBS-9SSA.

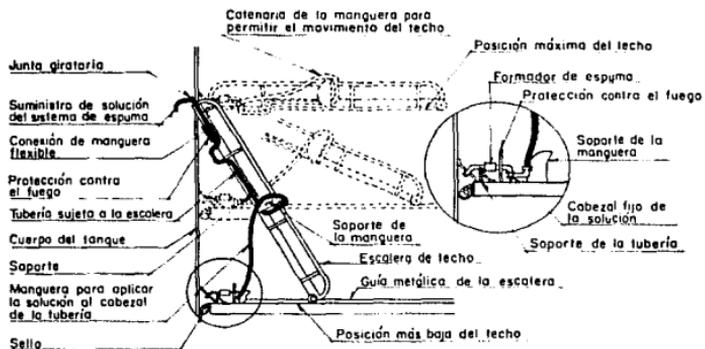


Figura 5.21 Arreglo típico del sistema de la catenaria para tanques de techo flotante.

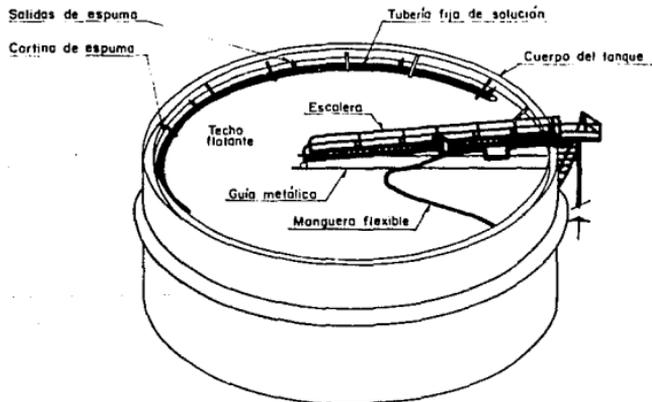


Figura 5.22 Arreglo general típico del sistema de la catenaria.

para operar el sistema por un tiempo de 20 minutos. Ver Tablas 5.17a y 5.17b. La cortina de espuma deberá tener por lo menos 1 ft (305 mm) y no más de 2 ft (610 mm) a partir del borde del techo flotante.

TABLA 5.17a REQUISITOS DEL TANQUE DE TECHO FLOTANTE ABIERTO PARA SALIDAS FIJAS: METODO DE LA CAMARA MULTIPLE, DE LA CATENARIA Y DEL COPLE FLEXIBLE

PARA APLICACION DE ESPUMA SOBRE EL SELLO DEL ZAPATO MECANICO, PROTECCION METALICA AL AMBIENTE, O TUBO SELLANTE O SELLO SECUNDARIO				
Tipo de sello	Razón de aplicación en: gpm/ft^2 (lpm/m^2)	Suministro del concentrado de espuma, en minutos.	Máximo espacio entre aplicadores. Altura de la cortina de espuma: 12" 24"	Detalle de Aplicación.
Sello del zapato mecánico.	0.30 (12.22)	20	40 ft 80 ft (12.19 m) (24.38 m)	A
Tubo sellante con protección metálica al ambiente.	0.30 (12.22)	20	40 ft 80 ft (12.19 m) (24.38 m)	A1
SELLO SECUNDARIO				
Combustible o metálico con sección de textura combustible	0.30 (12.22)	20	40 ft 80 ft (12.19 m) (24.38 m)	A2
Metálico.	0.30 (12.22)	20	40 ft 80 ft (12.19 m) (24.38 m)	A3

SE HACE REFERENCIA A LA FIGURA 5.16 PARA DETALLES DE APLICACION

Si el sistema de la catenaria es diseñado para descargar por debajo de la fibra sellante, la protección metálica al ambiente o el sello metálico secundario, lo que a continuación se expresa puede ser usado como una guía de diseño.

Una cortina de espuma es requerida con el diseño del tubo sellante, solo cuando la altura de la cabeza del sello es menor de

6 in (150 mm) por debajo del techo de la cubierta. El espaciamiento máximo entre aplicadores es de 80 ft (18.3 m), medidos alrededor del perímetro del tanque. Ver figura 5.16, detalle C1. Un sello metálico secundario es considerado como una cortina de espuma.

La cortina de espuma no es requerida con un sello tipo zapato mecánico. El máximo espaciamiento entre aplicadores es de 130 ft (39.6 m), medidos alrededor del perímetro del tanque. Ver figura 5.16, detalle B.

Se recomienda ver las Tablas 5.17a y 5.17b para razones de aplicación y tiempos requeridos para protección de varias configuraciones de áreas de sellos.

Cuando una cortina de espuma o sello metálico secundario es instalado, el gasto mínimo será de 0.30 gpm/ft^2 (12.22 lpm/m^2) del área entre el cuerpo del tanque y la cortina de espuma o el sello metálico secundario. El suministro del concentrado de espuma deberá ser adecuado para un tiempo mínimo de 20 minutos.

Se hace referencia a las figuras 5.23 y 5.24 y a la Tabla 5.18 para observar los detalles de los formadores de espuma MBS, sus capacidades y arreglos de instalación.

3) Método del Cople Flexible

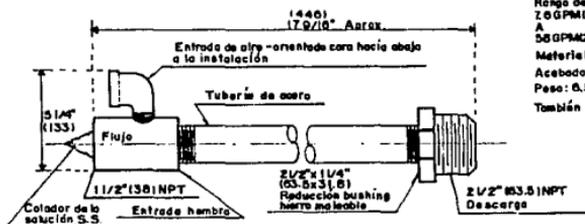
Este sistema utiliza tanto un formador de espuma PHB localizado en el exterior del tanque, suministrando espuma expandida al tanque, o formadores de espuma MBS-3 o MBS-9 montados sobre el techo flotante (figura 5.25).

La espuma o solución entra a la base del tanque a través de una tubería de acero fija, al interior del tanque; la tubería de cople flexible, reforzada e inerte químicamente, flexible a prueba-de fugas, transporta la espuma o solución a un cabezal de distribución montado al centro del techo flotante (figura 5.25).



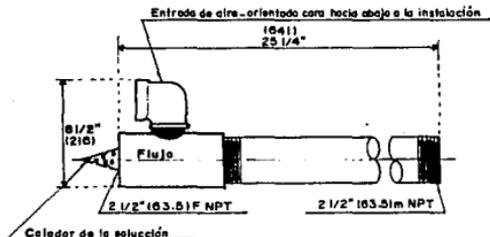
Rango de gasto de la solución de espuma:
 7.6 GPM (29 LPM) a 40 PSI (276 KPA)
 A
 58 GPM (220 LPM) a 100 PSI (689 KPa)
 Material básico: Acero
 Acabado: Zinc plateado y primer rojo óxido
 Peso: 5.2 LBS. (2.4 KG)
 Disponible también en acero inoxidable como
 el modelo M55-355A.

Formador de espuma MBS-35A y MBS-35SA



Rango de gasto de la solución de espuma:
 7.6 GPM (29 LPM) a 40 PSI (276 KPA)
 A
 58 GPM (220 LPM) a 100 PSI (689 KPA)
 Material básico: Acero
 Acabado: Zinc plateado y primer rojo óxido
 Peso: 6.5 LBS. (2.95 KG)
 También existe en acero inoxidable

Formador de espuma MBS-35A y MBS-35SA para
 cámara de espuma MCS-9 FR



Rango de gasto de la solución de espuma
 30 GPM (113 LPM) a 40 PSI (276 KPA)
 A
 133 GPM (579 LPM) a 100 PSI (689 KPA)
 Material básico: Acero
 Acabado: Zinc plateado y primer rojo óxido
 Peso: 12.8 LBS (5.8 KG)
 También existe en acero inoxidable como
 el modelo M85-955A

Formador de espuma MBS-95A y MBS-95SA

Fig. 5.23 Típicos ensambles de formadores de espuma MBS-35A y MBS-95A

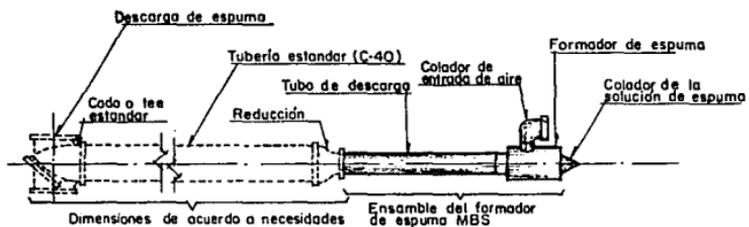


Figura 5.24 Ensamble típico del formador de espuma MBS.

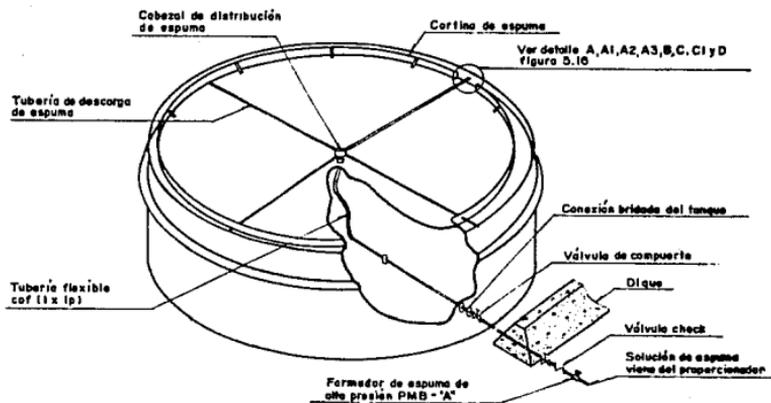


Figura 5.25 Sistema del cople flexible

TABLA 5.17b REQUISITOS DEL TANQUE DE TECHO FLOTANTE ABIERTO PARA SALIDAS FIJAS: METODO DE LA CAMARA MULTIPLE, DE LA CATENARIA Y DEL COPLE FLEXIBLE

PARA APLICACION DE ESPUMA BAJO EL SELLO DEL ZAPATO MECANICO, PROTECCION METALICA AL AMBIENTE, O TUBO SELLANTE O SELLO SECUNDARIO					
Tipo de sello	Cortina de Espuma	Razón de aplicación en: gpm/ft ² (lpm/m ²)	Suministro del concentrado de espuma, en minutos.	Espacio máximo entre aplicados.	Detalle de Aplicación.
Sello del zapato mecánico.	No requerido	0.5 (20.37)	10	130 ft (39.62 m)	B
TUBO SELLANTE CON PROTECCION METALICA AL AMBIENTE					
Tubo sellante a 8" del techo o más abajo del pontón del techo.	No requerido	0.5 (20.37)	10	80 ft (18.29 m)	C
Tubo sellante del techo menor de 8" abajo del pontón del techo.	Al menos 12" (30.48 cm) de altura.	0.3 (12.22)	20	80 ft (18.29 m)	C
SELLO SECUNDARIO					
Combustible o metálico con sección de textura combustible	No recomendado para descargar abajo del sello de textura combustible. Referirse a la aplicación sobre el sello del detalle A2 y A3.				
Metálico.	No Requerido	0.30 (12.22)	20	60 ft (18.29 m)	D

SE HACE REFERENCIA A LA FIGURA 5.16 PARA DETALLES DE APLICACION

El cabezal de distribución es equipado con un obturador estrecho para evitar la entrada de vapores a la tubería de espuma por debajo del cabezal de distribución. Durante la operación, la presión de la espuma fuerza a este obturador a separarse de su asiento, y la espuma o solución pasa del cabezal de distribución hacia la tubería fija para descargar a las boquillas localizadas en

el área sellada sobre el perímetro del tanque.

La tubería flexible en el interior del tanque se ajusta automáticamente al ascenso y descenso del techo flotante y es instalado en una simple longitud, sin ningún acoplamiento o conexión giratoria para mantenerla.

El sistema de cople flexible es recomendable para sellos de techo flotante simples o dobles. Este también puede ser usado en tanques de techo flotante cubiertos.

Los requisitos de la espuma, localización y espaciamiento de las boquillas de descarga, razones de aplicación y tiempos son los mismos que se indican para el Sistema de la Catenaria. Ver Tablas 5.17a y 5.17b.

Se hace referencia también a la Tabla 5.18 para observar los detalles de los formadores de espuma MBS, capacidades y arreglos de instalación.

4) Método de la Boquilla Portátil

El método de la Boquilla Portátil consiste de una tubería instalada verticalmente desde el piso hasta la Plataforma, terminando en una conexión en la cual una manguera y una boquilla portátil de espuma pueden ser conectadas en el evento de un incendio. Un formador de espuma MBS-3SA o MBS-9SA es también instalado en este punto, de tal manera que la espuma pueda ser descargada hacia el área de sello directamente por debajo de la plataforma. Esto además protege al personal que sube a la plataforma. Entonces, el operador corre la boquilla portátil de espuma hacia abajo o alrededor de la viga en voladizo y descarga la espuma hacia el área de sello donde se encuentre el incendio. La figura 5.28 muestra un arreglo típico de este sistema.

Las curvas de capacidad para los formadores de espuma MBS-3SA y MBS-9SA están contenidas en las figuras 5.19 y 5.20 respectivamente.

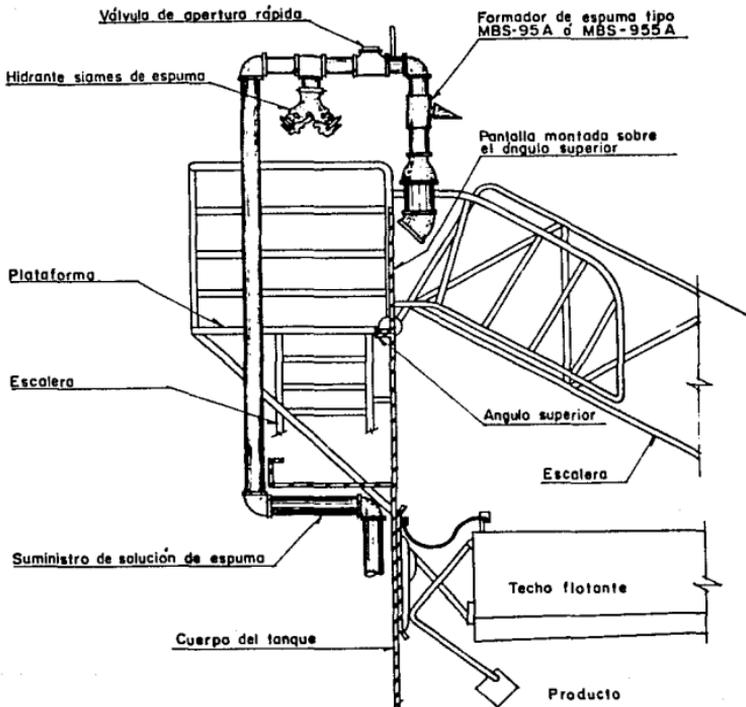


Figura 5.26 Método de la boquilla portátil

TABLA 5.18 ARREGLOS DE INSTALACION Y CAPACIDADES PARA FORMADORES DE ESPUMA TIPO MBS-3 Y MBS-9 PARA APLICACION POR LOS METODOS DE COPLEFLEXIBLE O CATENARIA

Modelo N. y Material	Capacidad GPM CLPMD	Formadores de Espuma (National Foam)			Columna de Salida	
		Dimensiones-in (Cmm)			Dimensiones--in (Cmm)	
		Entra-da.	Descar-ga.	Coefi-cien-	Longitud	Diame--tro.
MBS-3SA (STEEL) MBS-3SSA (316 SS)	7.6 a 58 (29 a 220)	Tub. 1 1/2 (38.1)	Tubería 1 1/4 (31.75)	16 (406.4)	Min 30 (762) Max 98(2489)	Tubería 2 (50.8)
MBS-9SA (STEEL) MBS-9SSA (316 SS)	36 a 193 (136 a 579)	Tub. 2 1/2 (63.5)	Tubería 2 1/2 (63.50)	25 (635)	Min28(711.2) Max120(3048)	Tubería 4 (101.6)
MATERIALES DE CONSTRUCCION						
FORMADOR DE ESPUMA: MODELO No.	ENTRADA DE AIRE	FILTRO DE LA SOLUCION	FORMADOR DE ESPUMA		TUBO DE DESCARGA	
MBS-3SA	Fo. Ga.	Acero Inox.	Acero Zinc-Plateado		Acero	
MBS-3SSA	Fo. Ga.	Acero Inox.	Acero Inox. 316		A. Inox. 316	
MBS-9SA	Fo. Ga.	Acero Inox.	Acero Zinc-Plateado		Acero	
MBS-9SSA	Fo. Ga.	Acero Inox.	Acero Inox. 316		A. Inox. 316	

C) TANQUES DE TECHO FLOTANTE CUBIERTOS

El tanque de techo flotante cubierto es una combinación de un tanque de techo cónico y el tanque de techo flotante abierto. Este tiene un techo cónico fijo y un panel o cubierta interior tipo flotante, que desciende directamente sobre la superficie del producto. Son proporcionadas ventilas abiertas alrededor del cuerpo entre el techo fijo y el techo flotante para permitir su ascenso y descenso.

Los orificios de salida fijos de espuma, generalmente, no son requeridos para este tipo de tanque. Sin embargo, algunas autoridades exigen la protección fija. La norma NFPA N.11 [1] indica que:

Los sistemas de espuma para tanques con techo flotante tipo-plato deberán ser diseñados para cubrir la superficie completa del producto en caso de que el techo flotante sea destruido o hundido. Si el plato flotante es fijado al techo del tanque, los orificios de descarga deberán ser localizados de tal manera que el tanque sea protegido con el plato en la posición de sujeción. El diseño del sistema de espuma es el mismo indicado para tanques de techo cónico, excepto que no existe requisito para separación de válvulas laterales para cada dispositivo de descarga. La inyección subsuperficial de espuma no es recomendado debido a que la espuma puede ser distribuida inapropiadamente.

Cuando la protección sea deseada para tanques con doble cubierta o techos flotantes tipo pontón, un sistema fijo de espuma puede ser usado para extinguir incendios de sellos en el perímetro anular.

Para tanques de techo fijo utilizando cubiertas flotantes internas hechas de materiales diferentes al acero, la protección de espuma deberá ser diseñada para cubrir la superficie completa del líquido.

La figura 5.27 muestra una instalación de cámara de espuma típica sobre un tanque de techo flotante cubierto. Un deflector superficial especial es recomendable si el deflector estándar interfiere con el sello cuando el flotador está en su posición más alta.

D) TANQUES HORIZONTALES

Una explosión interna en un tanque horizontal usualmente romperá el tanque y derramará sus contenidos. Por esta razón, baterías de tanques horizontales son usualmente rodeadas por diques de concreto o tierra, y la protección de espuma es aplicada al área del dique (ver figura 5.28). Los tanques horizontales son usualmente protegidos por formadores de espuma fijos o monitores de

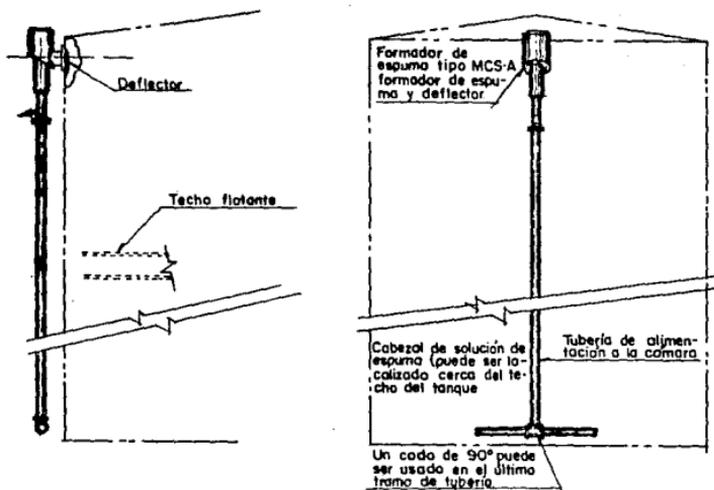
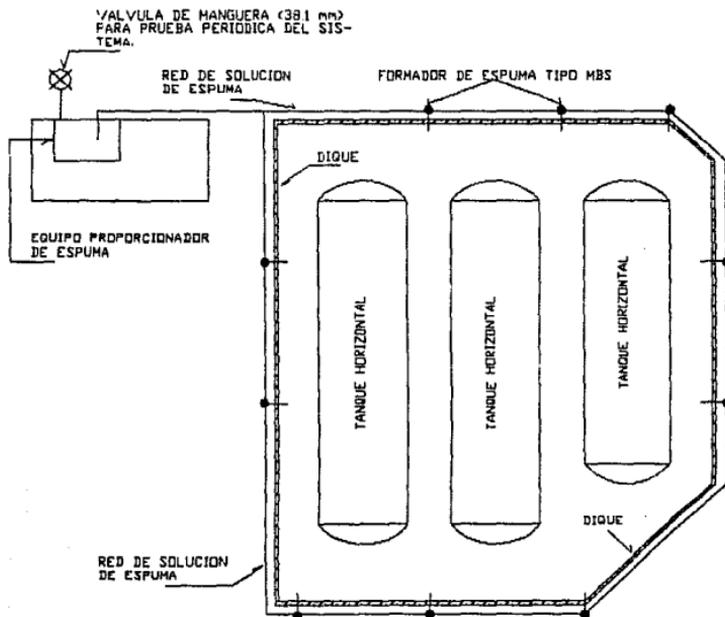


Figura 5.27 Tanque de techo flotante con cámara de espuma.



MAXIMO ESPACIAMIENTO RECOMENDADO
PARA FORMADORES DE ESPUMA TIPO
MBS.

MODELO	ESPACIAMIENTO
MBS-3SA o MBS-3SSA	30FT(9.1M)
MBS-9SA o MBS-9SSA	60FT(18.2M)

Figura 5.28 Esquema de un área de tanques horizontales
con sistema de espuma

espuma (Ver Tabla B.10).

1) Método del Formador de Espuma Fijo

El método del formador de espuma fijo consiste de la instalación de tubería alrededor por el exterior del muro del dique y conectando a una serie igualmente espaciada de formadores de espuma, los cuales descargarán espuma hacia el dique. El sistema puede ser alimentado por un camión o un equipo de proporcionamiento instalado en una casa de espuma. Sobre productos hidrocarburos solamente, la recomendable razón de aplicación para este tipo de sistema es de 0.10 gpm/ft^2 (4 lpm/m^2) de área de dique, usando cualquier concentrado de espuma "National". (Los líquidos solventes polares requerirán mayores razones y un 8% de concentrado de espuma "Universal").

Un tiempo mínimo de 20 minutos de suministro de concentrado de espuma es requerido para aceites combustibles, o un suministro de 30 minutos para gasolina, petróleo crudo o solventes polares.

Para proveer la adecuada distribución de espuma, las salidas de descarga deberán ser localizadas a un máximo de separación de 30 ft (9 m) para formadores de espuma MBS-3SA o 60 ft (18 m) para formadores de espuma MBS-9SA.

Para determinar la capacidad de cada formador de espuma, es dividida la razón total de solución para el área del dique que va a ser protegida por el número de formadores de espuma requeridos. Una vez que la capacidad es conocida, la selección de un formador de espuma MBS-3SA o MBS-9SA puede ser hecha usando la figura B.18 o B.20.

2) Método del Monitor

Como una alternativa para el Método del Formador de Espuma Fijo, los monitores pueden ser montados en el lado exterior del dique, adecuadamente dimensionados y espaciados para descargar

espuma sobre el área del dique.

La mínima razón de aplicación recomendada [31] es de 0.16 gpm/ft² (6.810 lpm/m²) de área del dique. Un tiempo mínimo de 20 minutos de suministro de concentrado de espuma es requerido para aceites combustibles, o 30 minutos de suministro para gasolina o petróleo crudo.

TABLA 5.10 ARREGLOS DE INSTALACION Y CAPACIDADES PARA FORMADORES DE ESPUMA TIPO MBS-3 Y MBS-9 PARA APLICACION EN TANQUES HORIZONTALES

Modelo N. y Material	Capacidad GPM (lpm)	Formadores de Espuma (National Foam)			Columna de Salida	
		Dimensiones--in (Cmm)			Dimensiones--in (Cmm)	
		Entra- da.	Descar- ga.	Longi- tud.	Longitud	Diáme- tro.
MBS-3SA (STEEL) MBS-3SSA (316 SS)	7.5 a 58 (29 a 220)	Tub. 1 1/2 (38.1)	Tubería 1 1/4 (31.75)	16 (406.4)	Min 30 (762) Max 98(2489)	Tubería 2 (50.8)
MBS-9SA (STEEL) MBS-9SSA (316 SS)	36 a 153 (136 a 579)	Tub. 2 1/2 (63.5)	Tubería 2 1/2 (63.50)	25 (635)	Min 28(711.2) Max 120(3048)	Tubería 4 (101.6)
MATERIALES DE CONSTRUCCION						
FORMADOR DE ESPUMA: MODELO No.	ENTRADA DE AIRE	FILTRO DE LA SOLUCION	FORMADOR DE ESPUMA		TUBO DE DESCARGA	
MBS-3SA	Fo. Ga.	Acero Inox.	Acero Zinc-Plateado		Acero	
MBS-3SSA	Fo. Ga.	Acero Inox.	Acero Inox. 316		A. Inox. 316	
MBS-9SA	Fo. Ga.	Acero Inox.	Acero Zinc-Plateado		Acero	
MBS-9SSA	Fo. Ga.	Acero Inox.	Acero Inox. 316		A. Inox. 316	

5.5 SISTEMA DE ESPUMA PARA PROTECCION POR EL METODO DE SOFOCAMIENTO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES POLARES

Los líquidos solubles en agua, ciertos líquidos inflamables y los solventes polares, los cuales destruyen la espuma, requieren el uso de espumas "tipo-alcohol". Los siguientes párrafos están dirigidos para propósitos de información exclusivamente. Las

especificaciones de la "National Foam" y "NFPA" deberán ser consultadas para recomendaciones especiales. debido a que los sistemas para protección de este tipo de peligro requieren de especiales consideraciones de ingeniería.

La "National Foam" ofrece un concentrado de espuma tipo-alcohol, Universal. Esta puede ser usada con un dispositivo de aplicación tipo II. Los dispositivos de aplicación tipo II son descritos bajo la protección de tanques de almacenamiento de hidrocarburos. La protección subsuperficial no es aplicable para solventes polares.

A) TANQUES DE TECHO CONICO

El concentrado de espuma "National Universal" proporcionado al 6% puede ser empleado sobre tanques de techo cónico. La razón de aplicación variará con el agente y el producto que está siendo protegido. Las razones de aplicación típicas serán encontradas en la sección 5.2 Y 5.3. El tiempo de operación mínimo a la mínima razón de descarga deberá ser de 55 minutos cuando sean empleados orificios de descarga tipo II.

1) Método de la Cámara de Espuma

La espuma "Universal" puede ser usada con formador y/o cámara de espuma MCS TIPO A. Los detalles de la cámara de espuma MCS TIPO A son descritos en las figuras 5.13 y 5.14. Los requisitos de diseño son discutidos bajo la protección del Método de la Cámara de Espuma para Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos.

2) Método de la Torre Portátil de Espuma

La espuma "Universal" puede ser empleada con torres portátiles de espuma sobre solventes polares bajo condiciones apropiadas. Se recomienda consultar los requisitos de diseño y limitaciones bajo el Método de Protección de la Torre Portátil de Espuma Para Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos. La mínima razón de aplicación

variará con el agente y el solvente que va a ser protegido. Las razones de aplicación típicas serán encontradas en la sección 5.2 y 5.3. El tiempo mínimo de operación deberá ser de 55 minutos.

B) TANQUES DE TECHO FLOTANTE ABIERTO

Cualquiera de los métodos descritos anteriormente para Tanques de Techo Flotante Abierto son recomendables para usarse con solventes polares. El concentrado de espuma "Universal" deberá ser usado en todos los casos; debido a los métodos de aplicación, los dispositivos de aplicación son del Tipo II.

Los tiempos de aplicación mínimo y razones son indicados en las Tablas 5.17a y 5.17b.

C) TANQUES DE TECHO FLOTANTE CUBIERTO

Los formadores/cámaras de espuma MCS TIPO A empleados en conjunción con concentrado de espuma Universal es el único medio práctico para proveer protección a este tipo de tanques.

Los formadores y/o cámaras de espuma MCS TIPO A son descritos bajo el Método de la Cámara de Espuma para Protección de Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos. La razón de aplicación de espuma son indicadas en la sección 5.2 y 5.3.

D) TANQUES HORIZONTALES

Una explosión interna en un tanque horizontal comunmente romperá el tanque y derramará los contenidos. Por esta razón, las baterías de los tanques horizontales son rodeados por diques de concreto o de tierra, y la protección de espuma es aplicada al área del dique. Los tanques horizontales son usualmente protegidos por formadores de espuma fijos o monitores de espuma utilizando concentrado de espuma "Universal". El diseño del sistema de espuma es descrito bajo la Protección de Tanques Horizontales de Almacenamiento de Hidrocarburos (Ver Tabla 5.19).

El Método del Formador de Espuma Fijo consiste de tubería instalada alrededor del perímetro exterior del muro del dique. Esta tubería es conectada a una serie de formadores de espuma igualmente espaciados, los cuales descargarán espuma hacia el dique.

El concentrado de espuma "Universal" permite la aplicación Tipo II como es descrito bajo el Método de Protección del Formador de Espuma Fijo para Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos. El mínimo tiempo de operación será de 30 minutos.

1) Monitores y Boquillas Portátiles

La boquillas de espuma pueden ser usadas como el medio principal de protección para tanques de almacenamiento de solventes polares bajo algunas condiciones. Solamente el concentrado de espuma "Universal" al 6% es efectivo cuando es aplicado por boquillas sobre solventes polares en altura.

La norma NFPA N.11 [1] indica que las mangueras de chorro de espuma son recomendables como protección primaria para tanques de techo cónico no mayor de 30 ft (9 m) de diámetro y no mayores de 20 ft (6 m) de altura. Las mangueras de chorro de espuma son aceptables para protección de sellos de tanques de techo flotante abiertos.

La norma NFPA N.11 [1] también indica que las boquillas montadas en monitor, tanto fijas como portátiles, pueden ser usadas como protección primaria para tanques de techo cónico no mayor de 60 ft (19 m) de diámetro.

En la planeación el uso de boquillas de espuma para protección de tanques, deberán tomarse consideraciones cuidadosas para el rango del chorro de espuma, para tanques horizontales y verticales, por el efecto adverso de la velocidad del viento, para evitar la inmersión de la espuma directamente hacia el interior del líquido en combustión, y la posible pérdida de espuma debido a descenso

violento.

La razón de aplicación recomendable variará con el tipo de líquido inflamable involucrado y el agente que está siendo empleado. Se recomienda consultar la sección 5.2 y 5.3 para razones de aplicación recomendables.

La cantidad de concentrado de espuma deberá ser suficiente para un tiempo de operación de 85 minutos y razones de aplicación especificadas.

5.6 BOMBAS CONTRA INCENDIO PARA EL METODO DE ENFRIAMIENTO

5.6.1 BOMBA CENTRIFUGA CONTRA INCENDIO

Una característica sobresaliente de una bomba centrífuga horizontal o vertical es la relación del gasto contra la presión a velocidad constante; observando que cuando la carga de presión es incrementada, la descarga tiende a descender.

Las bombas contra incendio tipo horizontal y vertical son disponibles con capacidades nominales hasta de 5000 gpm (18925 lpm). Los rangos de presión van desde 40 psi hasta 400 psi (2.81 a 28.12 Kg/cm²) para bombas horizontales y desde 75 hasta 500 psi (5.27 a 35.15 Kg/cm²) para bombas verticales tipo turbina. Las bombas verticales tipo turbina son bombas centrífugas con uno o más impulsores descargando dentro de uno o más tazones y una tubería de columna vertical utilizada para conectar los tazones a la cabeza de descarga sobre la cual la unidad motriz de la bomba es montada (figura 5.29).

El "tamaño" de una bomba centrífuga horizontal es generalmente el diámetro de la salida de descarga; sin embargo, esto es algunas veces indicado tanto para los diámetros de las bridas de succión como de descarga. El "tamaño" de una bomba vertical tipo turbina es el diámetro del tazón de la bomba.

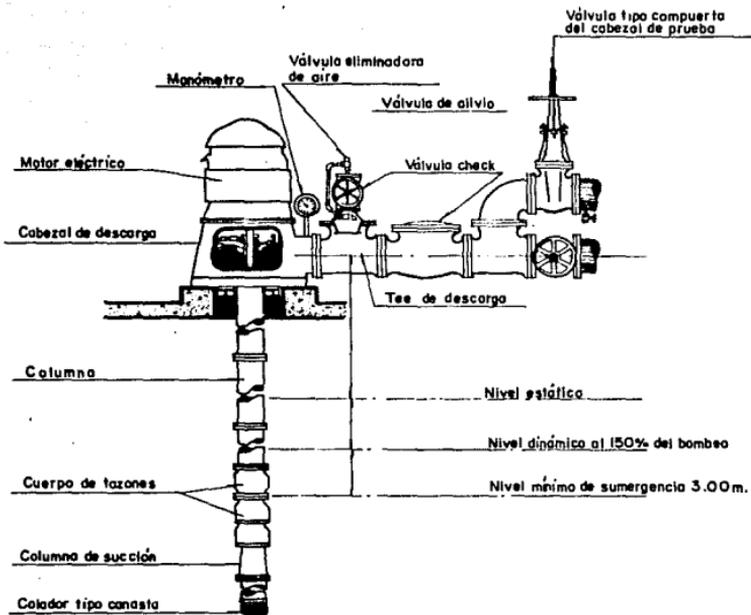


Figura 5.29 Detalle de instalación de una bomba tipo turbina de flecha vertical

5.6.2 PRINCIPIOS DE OPERACION

Los dos principales componentes de una bomba centrífuga son un disco llamado impulsor, y la carcaza en la cual éste gira (figura 5.30). La bomba opera por la conversión de la energía mecánica en velocidad y energía de presión. La potencia a partir de la unidad motriz (llámese motor eléctrico, motor de combustión interna, o turbina de vapor) es transmitida directamente a la bomba a través de la flecha, rotando el impulsor a alta velocidad. La forma en que la energía es convertida varía con la clase de la bomba. Las mejores bombas son conocidas como de flujo radial y flujo mixto. Estas bombas son identificadas por la dirección del flujo a través del impulsor con referencia al eje de rotación (figura 5.31).

La bomba de flecha horizontal, de un paso, de voluta de doble succión es el tipo más comunmente aceptado para el servicio de protección contra incendio o para uso comercial (figura 5.32). En estas bombas, el flujo del agua a partir de la entrada de succión en la carcaza se divide y penetra al impulsor desde cada lado a través de un orificio llamado el "ojo". La rotación del impulsor transmite el agua por fuerza centrífuga desde el ojo a la orilla (borde), y a través de la carcaza de la voluta a la salida de descarga de la bomba. La energía cinética adquirida por el agua en su pasaje a través del impulsor es convertida en energía de presión por reducción gradual de la velocidad en la voluta.

Bombas de pasos múltiples

Para proporcionar alta presión, dos o más impulsores y carcazas pueden ser ensambladas en una flecha como una simple unidad, formando una bomba de pasos múltiples. La descarga a partir del primer paso entra a la succión del segundo paso; la descarga del segundo paso entra a la succión del tercero, y así sucesivamente. La capacidad de la bomba es el valor en gpm, lpm o lps de un paso; el valor de la presión es la suma de los valores de la presión de los pasos individuales, menos una pequeña pérdida de carga (figura 5.33).

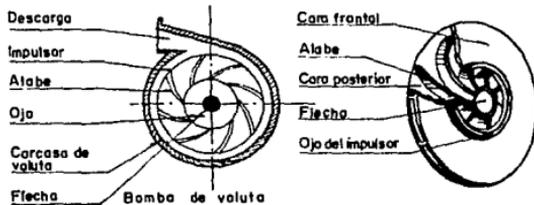
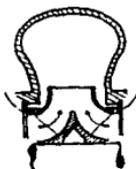
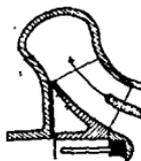


Figura 5.30 Ilustración de una carcasa de voluta e impulsor



a) De flujo radial

La presión es desarrollada parcialmente por la acción de la fuerza centrífuga. El líquido entra normalmente al impulsor en la campana y fluye radialmente en la periferia.



b) De flujo mixto

La presión es desarrollada parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por la succión de los alabes en el líquido. El líquido entra axialmente y descarga en una dirección axial y radial.

Figura 5.31 Ilustración de las dos mejores clases de bombas contra incendios

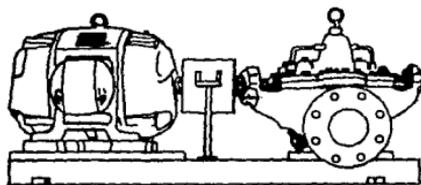


Figura 5.32 Bomba centrífuga horizontal de paso simple

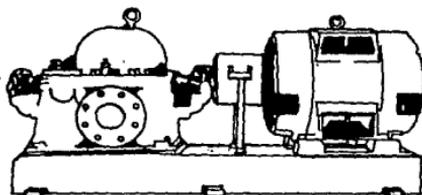


Figura 5.33 Bomba centrífuga horizontal de pasos múltiples

Bombas de servicio de alta presión

Las bombas de paso simple pueden ser diseñadas para servicio de alta presión, incrementando el diámetro del impulsor o el valor de la velocidad. Ambos métodos ofrecen ciertas características no deseables. Las bombas de diámetro grande pueden ser menos eficientes, y las bombas de alta velocidad pueden no ser rápidamente igualadas a la unidad motriz.

5.6.3 CURVAS CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS

Las curvas características (figura 5.34) de una bomba centrífuga horizontal o de una vertical tipo turbina está formada por:

- 1) La carga total contra descarga (presión contra gasto).
- 2) Los caballos de potencia al freno contra descarga.
- 3) La eficiencia contra descarga $\left[\frac{\text{HP del agua}}{\text{HP de entrada}} \text{ vs Gasto} \right]$

Se asume en estas curvas que la bomba es operada a una velocidad constante igual a su valor de rpm nominal. Dentro del servicio real, sin embargo, la velocidad de la unidad motriz puede variar con cambios en la carga.

Los valores de gasto y presión de bombas comerciales son comunmente establecidas sobre las bases de eficiencia máxima y la velocidad deseada. Los impulsores pueden ser diseñados para características de carga-presión plana, media o inclinada, como se requiera para usos variados. La figura 5.35 ilustra cómo la curva presión-descarga es afectada por el diámetro del ojo, amplitud del impulsor, número de álabes, y perfil o ángulo de los álabes.

5.6.4 CARGA TOTAL

La carga total de una bomba es la energía aplicada al líquido al pasar a través de la bomba. Esto puede ser expresado en varias

unidades de presión.

5.6.5 VELOCIDAD ESPECIFICA (Ns)

La velocidad específica es un número relacionando la carga, capacidad y velocidad de una bomba centrífuga para propósitos de diseño. En realidad, la velocidad específica son las revoluciones por minuto de un impulsor geoméricamente similar que descargará un galón por minuto (3.785 lpm) a un pie (0.3048 m) de carga total. La fórmula para determinar la velocidad específica de una bomba centrífuga es:

$$N_s = \frac{\text{rpm} \times \text{gpm}^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (5.6.1)$$

Donde:

Ns= Es el valor de la velocidad específica, adimensional,

H= Es la carga total, en ft,

rpm= Es la velocidad, en revoluciones por minuto,

gpm= Es el gasto, en galones por minuto.

Cuando los valores de carga, velocidad, y capacidad en la fórmula anterior corresponden al funcionamiento de la bomba en la eficiencia óptima, la velocidad específica es un índice para el tipo de bomba. Los impulsores para cargas altas usualmente tienen una velocidad específica baja, y los impulsores para cargas bajas tienen una velocidad específica alta.

Una bomba de velocidad específica baja operará satisfactoriamente con mayor elevación de succión que una bomba de igual carga y capacidad con una velocidad específica más alta. La experiencia ha demostrado [28] que la velocidad específica es una guía útil para la determinación de la elevación de succión máxima o carga de succión mínima.

Cuando la elevación de succión excede 15 ft (4.5 m), puede ser necesario proporcionar un bomba más grande a menor velocidad; con elevación baja o carga positiva sobre la succión, una bomba más pequeña operando a velocidad mayor puede ser utilizada. Una succión

anormal o elevación de succión alta puede reducir seriamente la capacidad de la bomba y la eficiencia o causar vibración excesiva y cavitación.

5.6.6 CARGA DE SUCCION POSITIVA NETA (CSPN: NPSH)

La carga de succión positiva neta es la carga de presión que provoca que fluya el líquido a través de la tubería y accesorios de succión hacia el ojo del impulsor de la bomba. La bomba misma no tiene la capacidad para "elevar", y la presión de succión depende de la naturaleza del suministro.

Si una bomba es abastecida a partir de un estanque, corriente o pozo, o un depósito al ambiente donde el nivel de agua está por debajo del eje de la bomba, la carga de succión es la presión atmosférica menos la altura del nivel de agua y las pérdidas de energía. Si el nivel del agua está por arriba del eje de la bomba, la carga de succión de la bomba será la presión atmosférica más la presión estática, menos las pérdidas de energía.

Los valores de la presión en la brida de entrada de una bomba operando bajo succión son negativas con respecto a la manométrica, pero positiva con referencia a la presión absoluta, de aquí la expresión "carga de succión positiva neta".

Existen dos tipos de NPSH a considerar. El NPSH requerido y el NPSH disponible. El primero, es función del diseño propio de la bomba; varía con la capacidad y velocidad de cada una, y con los diseños de las diferentes bombas. Las curvas de NPSH vs Gasto, comunmente, pueden ser obtenidas a partir de los fabricantes de las bombas (figura 5.38). Y el NPSH disponible, que es una función del sistema dentro del cual la bomba opera, y puede ser calculado rápidamente.

Cuando la fuente de agua está por arriba del eje de la bomba, el NPSH disponible será:

$NPSH_{DISPONIBLE} = \text{Presión atmosférica} + \text{Carga estática} - \text{Pérdida por fricción y accesorios} - \text{Presión de vapor del líquido.}$

Cuando la fuente de agua está por abajo del eje de la bomba, el NPSH disponible será:

$NPSH_{DISPONIBLE} = \text{Presión atmosférica} - \text{Succión estática} - \text{Pérdida por fricción y accesorios} - \text{Presión de vapor del líquido.}$

Para cualquier instalación de un equipo de bombeo, el NPSH disponible del sistema deberá ser igual o mayor que el NPSH requerido de la bomba en las condiciones de operación deseada.

5.6.7 CAVITACION

La cavitación es un fenómeno complejo que puede tomar lugar en bombas u otros equipos hidráulicos. En una bomba centrífuga, cuando el líquido fluye a través de la línea de succión y entra al ojo del impulsor, la velocidad se incrementa y la presión decrece. Si la presión desciende por debajo de la presión de vapor correspondiente a la temperatura del líquido, serán formadas burbujas de vapor. Cuando las burbujas de vapor en el flujo del líquido alcanzan una región de presión más alta, implodionan con un efecto de golpe causando vibración y ruido. Las pruebas han demostrado que presiones instantáneas extremadamente altas pueden ser desarrolladas, provocando en esta forma corrosión de la superficie interior de varias partes de la carcasa de la bomba y el impulsor. Las consecuencias pueden ser medianas o severas, y la cavitación ligera puede ocurrir sin mucho ruido. La cavitación severa puede causar reducción de la eficiencia y por último la falla de la bomba, si aquella no es corregida.

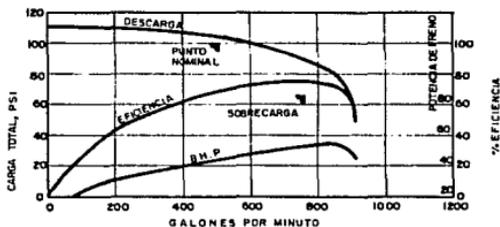


Figura 5.34 Curvas características de una típica bomba contra incendio.

Las curvas ilustradas son para una bomba accionada con motor de gasolina, para 500 gpm, 100 psi, 2000 rpm; con un impulsor de 14 in, y una altura máxima de succión de 5.4 ft.

Note que el punto para el pasto nulo, la presión es 110 psi, la máxima potencia al freno es 55, y la máxima eficiencia es 75% a la capacidad de sobrecarga, y la presión es 90 psi sobre el 65% mínimo requerido.

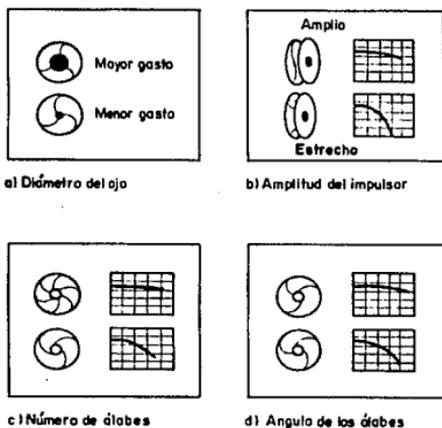
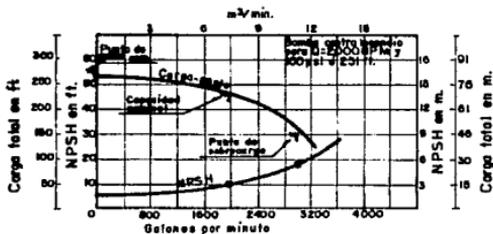


Figura 5.35 Efecto del diseño del impulsor sobre las curvas carga-gasto de la bomba contra incendio



5.6.8 BOMBAS CONTRA INCENDIO LISTADAS Y APROBADAS

Las normas NFPA para diseño e instalación de varios sistemas de protección contra incendio, recomiendan el uso de equipo aprobado y listado, o ambas, incluyendo requisitos de instalación para estas bombas.

El fabricante, bajo el sistema aprobado, es el responsable de proporcionar una bomba de mercado aprobada o listada, que funcione satisfactoriamente cuando sea instalada de acuerdo con la norma NFPA 20 (4). Por otro lado, los contratistas son los responsables de la instalación de la combinación bomba-unidad motriz, de acuerdo con las provisiones de la norma antes mencionada. Mientras que es obligación del cliente proporcionar datos adecuados acerca del motor de la bomba, suministro de energía, localización, etc.

Las bombas contra incendio son diseñadas para proporcionar máxima confiabilidad y características específicas de gasto-carga neta. Excepto para inspecciones periódicas y pruebas, estas bombas están inactivas en la mayoría del tiempo.

5.6.9 CURVAS ESTANDAR DE CARGA-GASTO

La forma de la curva estandar CARGA-GASTO de una bomba contra incendio es determinada por tres puntos de limitación como sigue:

Corte (Paro)

Con la bomba operando a velocidad nominal y la válvula de descarga cerrada, la carga total de una bomba centrífuga en el corte del flujo de agua no deberá de exceder del 120% ó 140% de su capacidad nominal, dependiendo de los requisitos de prueba de la carga nominal al 100% de la capacidad. Para una bomba vertical o de succión final, la carga total de paro no deberá exceder de 140% de la carga nominal al 100% de la capacidad. Y para una bomba horizontal de caja partida la presión total de paro no deberá exceder de 120% de la carga nominal (figura 5.37).

Capacidad nominal

La curva deberá pasar a través o por arriba del punto de la capacidad y carga nominal (figura 5.37).

Sobrecarga

Al 150% de la capacidad nominal, la carga total no deberá ser menor de 85% de la carga total nominal. Aquí también, la curva deberá pasar a través o por encima del punto de sobrecarga (figura 5.37). Muchas bombas contra incendio actuales tienen curvas con un significativo margen arriba de la sobrecarga teórica. Algunos modelos tienen una cavitación o punto de "ruptura" en la curva justamente después de la sobrecarga.

5.6.10 INSTALACION DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO CENTRIFUGA DE FLECHA HORIZONTAL

Las bombas contra incendio de flecha horizontal deberán ser instaladas para operar bajo carga de succión positiva, especialmente con arranque automático o manual-remoto. Si el suministro de agua es tal que la altura de succión no pueda ser evitada, deberán tomarse consideraciones para la instalación de bombas contra incendio verticales tipo turbina.

Tipos de bombas

Las bombas contra incendio centrifugas horizontales son de carcaza partida (figura 5.32) o del tipo de succión en el extremo (figura 5.38). Las del tipo de succión en el extremo son fabricadas con las especificaciones ANSI para bombas centrifugas, y son limitadas para capacidades menores de 500 gpm (1983 lpm). No existe límite sobre las capacidades de las bombas contra incendio de carcaza dividida, pero en la actualidad la capacidad para este tipo de bombas listadas es de 5000 gpm (18925 lpm).

Instalación de succión

Cuando los ríos, estanques, u otros cuerpos cubiertos de agua son empleados, deberá proporcionarse una galería de captación aislada que sea adecuada para evitar la entrada de material extraño a la succión de la bomba y al sistema de protección contra incendio. Una válvula de pie de diseño adecuado deberá ser proporcionada en cada entrada de succión (figura 5.39).

El volumen de almacenamiento de succión deberá ser suficiente para suministrar a la bomba al valor de la sobredescarga para la duración estimada de la demanda de agua.

Tanques rompedores

Generalmente es proporcionado un tanque rompedor para almacenamiento del agua requerida para el sistema de protección contra incendio. Este tanque es llenado automáticamente para proporcionar suministro de succión para una bomba contra incendio (figura 5.40).

Un tanque rompedor separado deberá ser provisto para cada bomba contra incendio en una instalación, y deberá ser suficientemente grande para suministrar el 150% de la operación de la bomba de su valor nominal por un tiempo mínimo de 15 minutos, de acuerdo a las especificaciones de las normas del NFPA [28]. La norma 2.431.01 de PEMEX [62] señala que la capacidad de almacenamiento disponible para agua contra incendio, deberá ser suficiente en cada lugar para que la bomba o bombas instaladas operen ininterrumpidamente durante un período de cinco horas, de acuerdo con el gasto máximo previsible según los riesgos que se tengan. No existe actualmente ninguna norma NFPA para el diseño e instalación de tanques rompedores, aunque se han hecho recomendaciones sobre ellos para servicios de aseguradoras de ingeniería [29].

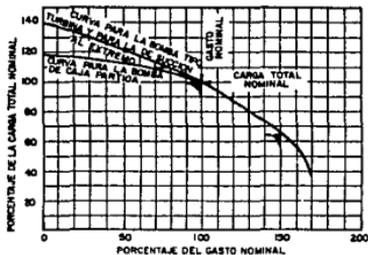


Figura 5.37 Curva estándar gasto-carga para bombas contra incendio horizontal y vertical.

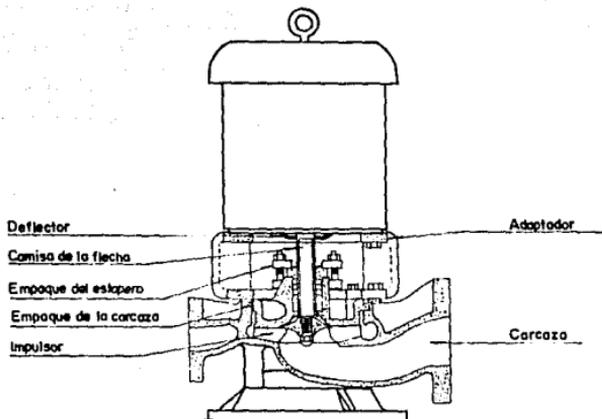


Figura 5.38 Una bomba contra incendio horizontal de succión al extremo o final, de un solo paso, montada en línea de acoplamiento cerrada e impulsor superior

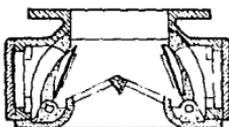


Figura 5.39 Una válvula de pie típica de un buen diseño mostrada en posición abierta

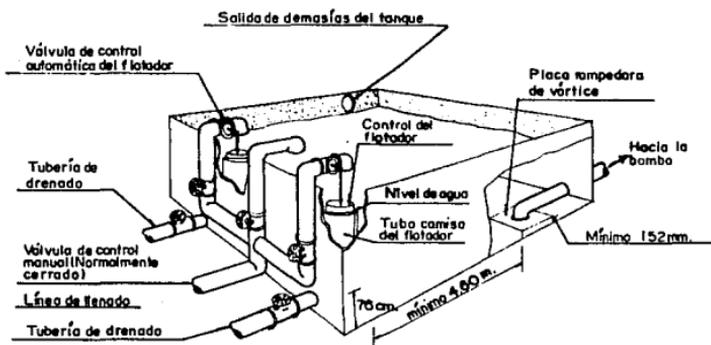


Figura 5.40 Esquema de un tanque rompedor usado en conexión con una bomba contra incendio

Bombas tipo Booster

Estas son bombas contra incendios tomando la succión de redes de agua pública, sistemas industriales, o esclusas de potencia (con un sentido mecánico, todas las bombas son del tipo booster). Como un preludeo para instalación, el flujo disponible contra incendio en el área es obtenida por pruebas. La capacidad a completa sobrecarga de la bomba más el gasto probable de descarga de los hidrantes en el área, por el departamento de bomberos, son calculados, y ellos no deberán hacer descender la presión en la red de distribución por debajo de 20 psi (1.41 Kg/cm²) o la permitida por las autoridades de salud. La carga de la bomba deberá ser suficiente para vencer todas las pérdidas de fricción más la presión demandada.

Dispositivos auxiliares de las bombas

Los dispositivos auxiliares tienen una importante presencia en el completo funcionamiento de una bomba como suministro de agua para protección contra incendio y su previsión u omisión nunca deberá ser decidida solamente sobre las bases de costos (Ver figura S.41 y Tabla S.20). La norma NFPA 20 [4] proporciona información detallada relacionada con la instalación de este tipo de equipos, en la Tabla S.20 se muestra un resumen de equipo para bombas contra incendio; los siguientes son meritorios y de especial consideración.

Válvulas de alivio. Estas son necesarias en la bomba debido a la carga si el exceso de presión resulta a partir de la operación de la bomba. Las bombas con unidades motrices de velocidad variable necesitan válvulas de alivio, como aquellas cuando la presión de succión más la presión de paro exceda la presión nominal del equipo de protección contra incendio.

Válvulas de manguera. Las válvulas de manguera aprobadas son de 2 1/2" (63.5 mm) de diámetro nominal en las pruebas de las bombas, y para mangueras de chorro para protección contra incendio.

Las válvulas deberán ser conectadas a un cabezal o múltiple en el exterior del cuarto de bombas, o localizadas en otro lugar para evitar que el agua dañe a la bomba, unidad motriz y controles. El número de válvulas depende de la capacidad de la bomba [4].

Válvulas automáticas de eliminación de aire. Estas son necesarias sobre la tapa de la carcasa del arreglo de las bombas para control de operación automática o remoto.

Válvulas de circulación de alivio. Son necesarias en bombas con control de arranque automático o remoto. Su función es abrir a una presión nominal ligeramente mayor, pudiendo descargar

TABLA 5.20 RESUMEN DE EQUIPO PARA BOMBAS CONTRA INCENDIO

CAPACIDAD NOMINAL DE LA BOMBA LPM (GPM)	DIAMETROS MINIMOS (NOMINALES) EN PULGADAS						NUMERO Y DIAMETRO DE VALVULAS DE PRUEBA	DIAMETRO DE ABASTECIMIENTO DE VALVULAS DE PRUEBA
	SUC--- CION	DESCAR GA	VAL. DE ALIVIO	DESCAR GA DE VAL. DE ALIVIO	MEDI-- DOR DE GASTO			
95 (25)	1	1	3/4	1	1 1/4	1-1 1/2	1	
189 (50)	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	1-1 1/2	1 1/4	
378 (100)	2	2	1 1/2	2	2 1/2	2-1 1/2	2	
568 (150)	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	3	1-2 1/2	2 1/2	
757 (200)	3	3	2	2 1/2	3	1-2 1/2	2 1/2	
946 (250)	3 1/2	3	2	2 1/2	3 1/2	1-2 1/2	3	
1135 (300)	4	4	2 1/2	3 1/2	3 1/2	1-2 1/2	3	
1514 (400)	4	4	3	5	4	2-2 1/2	4	
1703 (450)	5	5	3	5	4	2-2 1/2	4	
1892 (500)	5	5	3	5	5	2-2 1/2	4	
2839 (750)	8	8	4	8	5	3-2 1/2	6	
3785 (1000)	8	8	4	8	6	4-2 1/2	6	
4731 (1250)	8	8	6	8	6	6-2 1/2	8	
5677 (1500)	8	8	6	8	8	6-2 1/2	8	
7570 (2000)	10	10	6	10	8	6-2 1/2	8	
9482 (2500)	10	10	8	10	8	8-2 1/2	10	
11355 (3000)	12	12	8	12	8	12-2 1/2	10	
13247 (3500)	12	12	8	12	10	12-2 1/2	12	
15140 (4000)	14	12	8	14	10	16-2 1/2	12	
17032 (4500)	16	14	8	14	10	16-2 1/2	12	
18925 (5000)	16	14	8	14	10	20-2 1/2	12	

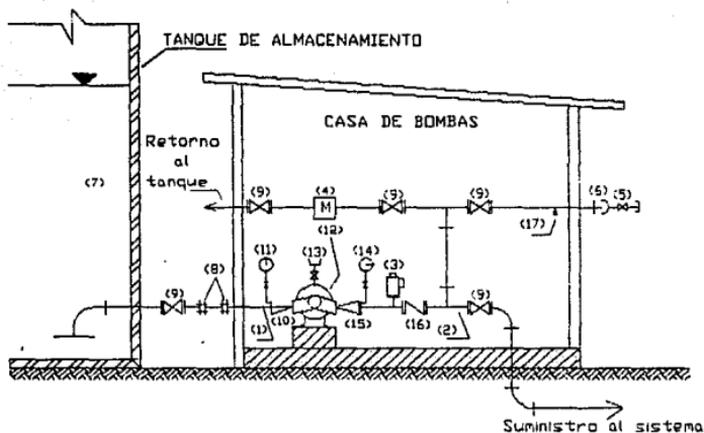


Figura 5.41 Esquema de los dispositivos auxiliares de una bomba contra incendio centrífuga horizontal de caja partida.

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1) Línea de succión. | 10) Reducción excéntrica. |
| 2) Línea de descarga. | 11) Vacuómetro. |
| 3) Válvula de alivio. | 12) Bomba contra incendio. |
| 4) Medidor de gasto. | 13) Válvula automática eliminadora de aire. |
| 5) Válvulas de prueba. | 14) Manómetro. |
| 6) Cabezal de válvulas de prueba. | 15) Ampliación concéntrica. |
| 7) Tanque de almacenamiento. | 16) Válvula tipo retención. |
| 8) Juntas de expansión. | 17) Válvula de drenado. |
| 9) Válvula tipo compuerta. | |

ligeramente, para prevenir sobrecalentamiento de la bomba. Estas válvulas no son necesarias en bombas de los motores donde el agua de enfriamiento es tomada de la descarga de la bomba.

5.6.11 INSTALACION DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO VERTICAL TIPO TURBINA

Las bombas verticales tipo turbina fueron diseñadas originalmente para extraer agua de pozos profundos. Como bombas contra incendio, son recomendadas en circunstancias donde las bombas horizontales operarían con succión negativa. Un hecho sobresaliente de las bombas verticales es la habilidad para operar sin cebado.

La succión a partir de pozos no es recomendable para servicio contra incendio, aunque es aceptado si la suficiencia y confiabilidad del pozo es establecida, y la instalación completa es hecha conforme la norma NFPA 20. En muchas circunstancias, el costo de un pozo profundo para instalación de una bomba contra incendio sería inapropiado, especialmente si el nivel de bombeo a la máxima capacidad sería mayor de 80 ft (15 m) abajo del nivel de terreno (200 ft (60 m) es el límite).

Si el rendimiento disponible de un pozo es demasiado pequeño para suministrar el bombeo contra incendio estándar, las bombas de pozo de baja capacidad podrían ser utilizadas para llenar tanques convencionales a nivel de terreno para suministro de bombas contra incendio.

5.6.12 CAPACIDAD Y CARGA NOMINAL DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO

La capacidad y carga nominal de las bombas contra incendio deberán ser adecuados para proporcionar el gasto y presión demandado consistente con los requerimientos de suministro de agua para la propiedad en cuestión. Las bombas contra incendio son diseñadas para proporcionar su capacidad nominal con un factor de seguridad construido (150% de la capacidad nominal contra 85% de la

presión nominal) para prever protección en caso de la mayor demanda esperada en el momento del incendio. Los ejemplos siguientes muestran un procedimiento de como la capacidad y presión nominales pueden ser determinadas por el uso de la curva estándar de la bomba contra incendio, para una curva característica típica del fabricante de bombas (figura 5.37).

Ejemplo n.1 BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL

Datos: La demanda de agua estimada para rociadores y mangueras de chorro es de 1400 gpm a 90 psi de presión de descarga de la bomba.

Se pide: Determinar la capacidad requerida y la presión de la bomba (Q nominal y C.D.T. nominal).

Solución:

1. Conocemos la demanda (1400 gpm) con la capacidad de sobrecarga de la bomba (150% de la capacidad de la bomba);
2. Así, $1400/1.50 = 933.3$ gpm; la bomba estándar más cercana es de 1000 gpm;
3. Por lo cual, los 1400 gpm demandados serían 140% de la capacidad nominal (1000 gpm $\times 1.4 = 1400$ gpm);
4. A partir de las curvas características de las bombas de los fabricantes es determinado que al 140% de la capacidad, la presión total es 73% de la presión nominal (figura 5.37);
5. Bajo condiciones de operación de succión (negativa), la presión total es igual a la presión de descarga (90 psi) más la presión de succión (5 psi);
6. Por lo tanto, la presión neta a 1400 gpm es igual a $90+5=95$ psig y la presión nominal a 1000 gpm será $95/0.73= 130$ psig;
7. Por lo tanto, la capacidad de la bomba no deberá ser menor de 1000 gpm a 130 psig.

Ejemplo n.2 BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL (SI)

Datos: La demanda de agua estimada para un sistema de rociadores son 2000 lpm, a una presión de descarga de la bomba de 400 kPa. El suministro de succión es un pozo con una altura de 5 m a partir de la superficie del agua al eje de la bomba.

Se pide: Determinar la capacidad y presión nominal requerida de la bomba.

Solución:

1. Conocemos la demanda (2000 lpm) con la capacidad de sobrecarga de la bomba al 150%;
2. Así, $2000/1.50 = 1330$ lpm; y la capacidad de la bomba estándar más cercana es 1500 lpm;
3. Por lo cual, la demanda sería $2000/1500 \times 100 = 133\%$ de la capacidad nominal;
4. A partir de la curva característica de los fabricantes de la bomba (en este caso, figura 5.37), se determina que, al 133% de la capacidad, la presión total es 78% de la presión nominal;
5. Bajo condiciones de operación de succión, la presión total es igual a la presión de descarga (400 kPa) más la presión de succión (5 m de carga = 5×9.81 kPa = 50 kPa);
6. Por lo cual, la presión neta a 2000 lpm es igual a $400 + 50 = 450$ kPa y la presión nominal a 1500 lpm será $450/0.78 = 580$ kPa.
7. Por lo tanto, la capacidad de la bomba no deberá ser menor de 1500 lpm a 580 kPa.

Ejemplo n.3 BOMBA TURBINA VERTICAL

Datos: La demanda estimada de agua en el manómetro de descarga

de la bomba (al nivel del terreno) es 1100 gpm a 100 psig. Las pruebas y los registros de tiempo indican que el acuífero (fuente de agua subterránea) es disponible y adecuado en todas las estaciones. El nivel estático es 45 ft (13.7 m) bajo la superficie del terreno. El abatimiento (distancia vertical entre el nivel del agua estática y el de bombeo) es de 40 ft (12.20 m) a 1100 gpm a la velocidad de bombeo.

Se pide: Determinar la capacidad y la presión nominal de la bomba.

Solución:

1. Conocemos la demanda (1100 gpm) con la capacidad de la sobrecarga de la bomba (150% de la capacidad de la bomba);
2. Así, $1100/1.50 = 733$ gpm, la capacidad de la bomba estándar más cercana es de 750 gpm;
3. Por lo cual, la demanda de 1100 gpm sería 147% de la capacidad;
4. A partir de las curvas características del fabricante de la bomba, se determina que al 147% de la capacidad, la presión total es 70% la presión nominal (figura 5.37);
5. A 1100 gpm, la presión demandada en la superficie es 100 psig;
6. A partir de la distancia al nivel del agua a 1100 gpm de la capacidad de bombeo es $45+40 = 85$ ft $\times 0.434 = 37$ psig; la presión de bombeo sería $100+37 = 137$ psig, lo cual es 70% de la presión nominal;
7. Por lo cual, $137/0.70 = 195$ psig;
8. La capacidad de la bomba no deberá ser menor de 750 gpm a 195 psig.

Ejemplo n.4 BOMBA BOOSTER EN UNA CONEXION DE AGUA PUBLICA

Datos: Un edificio con rociadores en una ciudad, tiene una

demanda estimada de rociadores de 750 gpm a 80 psig en la descarga de la bomba. Basado sobre un a prueba de gasto para incendio a partir de los hidrantes de la calle cercanos. Los 750 gpm a 27 psig serían disponibles para rociadores en la brida de entrada de la bomba (preparación hecha para mangueras de chorro).

Se pide: Determinar la capacidad y presión nominal de la bomba.

Solución:

1. Conocemos la demanda (750 gpm) con la capacidad de sobrecarga de la bomba (150% de la capacidad nominal);
2. Así, $750/1.50 = 500$ gpm, que es una capacidad de bomba estándar;
3. La presión total al 150% de la capacidad es 65% de la presión nominal neta (figura 5.37);
4. Con suministro de succión presión positiva, la presión neta es igual a la presión de descarga menos la presión de succión; así, a 750 gpm del gasto, la presión neta es igual a $80-27 = 53$ psig;
5. Por lo tanto, $33/0.65 = 51$ psig;
6. La capacidad de la bomba deberá ser mayor de 500 gpm a 51 psig.

Cabe hacer notar que los cuatro ejemplos utilizan la curva de la bomba, fuera del 150%, el cual sería el máximo absoluto. La norma NFPA 20 [4] recomienda que la bomba no debe ser usada por arriba del 140% de la capacidad. Esto no deja reserva debido a que la curva de la bomba desciende rápidamente después del 150%. Generalmente, es recomendable una bomba mayor que la que los cálculos indican; También, puede ser considerado que cuando la bomba es usada arriba de su capacidad nominal la presión disponible es reducida.

5.6.13 CABALLOS DE POTENCIA DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO

Antes de acoplar un motor a una bomba, es necesario conocer la máxima potencia al freno demandada por ésta a la velocidad nominal. Esto puede ser determinado directamente de la curva de potencia proporcionada por el fabricante de la bomba. Las bombas contra incendio típicas alcanzan la máxima potencia al freno entre el 140% y 170% de la capacidad nominal.

La potencia puede ser calculada, si las curvas no son disponibles, por la fórmulas siguientes:

$$\text{bhp} = \frac{5.83 \text{ Q P}}{10000 \text{ E}} \quad (5.6.2)$$

$$\text{bhp} = \frac{\text{Q P}}{1710 \text{ E}} \quad (5.6.3)$$

Donde:

bhp= Potencia al freno, en HP;

Q= Gasto, en gpm;

P= Carga total o presión total, en psig;

E= Eficiencia= $\frac{\text{Potencia del agua}}{\text{Potencia de entrada}}$

La eficiencia a la máxima potencia al freno es usualmente de 60% a 75%.

Ejemplo

Encuentre por fórmula la mínima potencia necesaria para impulsar una bomba centrífuga horizontal de 1000 gpm, contra 100 psig, a 1760 RPM.

Solución:

1. Asuma una eficiencia de 65% al 160% de la capacidad;
2. A partir de la curva estándar de la bomba, la presión es 55%

- al 100% de la capacidad, o 55 psig a 1800 gpm;
 3. Por fórmula, aplicando la ecuación 5.6.2, tenemos:

$$bhp = \frac{5.83 \times 1800 \times 55}{10000 \times 0.65} = 79 \text{ HP}$$

4. Por lo tanto, la potencia al freno útil no deberá ser menor de 79 HP.

La potencia al freno en unidades SI, por fórmula será:

$$bhp = \frac{0.187 Q_m P_m}{1000 E} \quad (5.6.4)$$

Donde:

- bhp = Potencia al freno, en KW,
 Q_m = Gasto, en lpm,
 P_m = Carga total o presión total, en kPa,
 E = eficiencia, adimensional.

Ejemplo (SI)

Encuentre por fórmula la mínima potencia de salida necesaria para impulsar una bomba centrífuga horizontal de 4000 lpm contra 700 kPa, a 1760 RPM.

Solución:

1. Asuma una eficiencia del 65% al 100% de la capacidad;
2. De la curva estándar de la bomba (figura 5.37) la presión es 55% al 100% de la capacidad, o 385 kPa a 8400 lpm;
3. Por fórmula, aplicando la ecuación 5.6.4, la potencia de salida será:

$$\frac{0.187(6400)(385)}{1000(0.65)} = 63 \text{ KW}$$

4. La potencia de salida no deberá ser menor de 63 KW.

5.7 MOTORES PARA BOMBAS CONTRA INCENDIO PARA EL METODO DE ENFRIAMIENTO

La potencia para impulsar la bomba contra incendio es seleccionada sobre la base de confiabilidad, suficiencia, seguridad y economía. La confiabilidad de la utilización de la energía eléctrica puede ser juzgada por el registro de variación, y por revisión de las fuentes de potencia y organización de la distribución del sistema en cuestión.

Los sistemas que utilizan gas pueden estar sujetos a periodos de uso restringido por la alta demanda estacional. Para compensar esto, el almacenamiento de gas de reserva puede ser proporcionado planeando arreglos con instalaciones por medio del cual la bomba contra incendio es alimentada con gas, aunque, el uso general del gas es restringido.

Muchas instalaciones públicas operan con sistemas de distribución de vapor. Cuando es disponible alta presión de vapor, será práctico para grandes consumidores para emplear impulsores de turbina para bombas contra incendios.

Muchas plantas industriales generan su propia potencia hidroeléctrica o de vapor-eléctrica, o ambas. La utilidad de la potencia puede ser usada posiblemente en base a una reserva.

Los motores diesel tienen la ventaja de que no dependen de fuentes exteriores de energía.

Motores eléctricos

Los motores eléctricos para impulsión de bombas contra incendio no son específicamente aprobados o listados, pero son requeridos para ser hechos por fabricantes confiables, de acuerdo con las especificaciones del National Electric Manufacturers Association (NEMA) o Canadian Electrical Manufacturers Association (CEMA). Todos los equipos eléctricos y alambrados en la instalación

de bombas contra incendio, deberán cumplir con el National Electric Code (NEC) excepto lo modificado por la norma NFPA 20 [4].

El fabricante de la bomba o el contratista de instalación es responsable de proporcionar un motor de suficiente capacidad para evitar sobrecarga más allá del límite del factor de servicio a la máxima potencia al freno y la velocidad nominal. El factor de servicio es un factor numérico, y este depende del tipo de motor (abierto, a prueba de chispa, totalmente cerrado), y resistencia del aislamiento para la disipación del calor y falla.

Cuando el factor de servicio excede de 1.0, la cantidad en exceso es estampada en los datos de placa con el voltaje y la carga total nominal en amperes. Por ejemplo, a 75 HP (55 KW) de un motor, con un factor de servicio de 1.15, podría cubrir una demanda de $75 \times 1.15 = 86.25$ bhp (64 KW).

Otro uso del factor de servicio es para estimar la máxima demanda de amperaje permisible. Por ejemplo, con una carga nominal de 40 amp. y un factor de servicio de 1.12, la máxima lectura del amperímetro no deberá exceder de $40 \times 1.12 = 45$ amp.. Nótese también que para un voltaje dado, los HP's son proporcionales a los amperes.

Solo los motores devanados para 208 volts deberán ser usados en servicio de voltaje de 208 volts. Los motores de corriente directa para bombas son del tipo derivación estabilizada, o del tipo acumulativo de devanado-compuesto.

La velocidad del motor sin carga a la temperatura de operación no deberá de exceder la velocidad del motor bajo plena carga a la temperatura de operación por más de 10%.

La mejor alternativa comunmente usada de motores de corriente son del tipo de inducción jaula de ardilla. Son usualmente equipados con equipo de arranque a tensión plena a menos que sus características de arranque fuesen objetables por la compañía que

suministra la energía. En el último caso, resistencias primarias pueden ser empleadas, o un motor tipo rotor devanado con apropiado equipo de arranque puede ser sustituido. Cuando un motor de jaula de ardilla es usado, la pérdida de voltaje no debe ser tan grande para prevenir el motor del arranque, i.e., no más de 10% por debajo del voltaje normal al momento del arranque. Mientras el motor está girando a la capacidad nominal de la bomba, la presión y velocidad, el voltaje de la línea no deberá descender más de 5% por debajo de los datos de placa del voltaje del motor.

Este tipo de motor deberá tener arranque normal al par de rotor bloqueado del motor. La corriente del rotor cerrado para motores de varios HP nominales son especificados en la norma NFPA 20 [4].

Controles del motor eléctrico

Los controles del motor son dispuestos para alternación de la corriente de los motores de las bombas contra incendio operando a voltajes estándar hasta 600 V. Un control es una completa unidad ensamblada, alambrada y probada, y lista para servicio para conectarse al suministro de energía y a las propias terminales del motor [4]. Los altos voltajes no son recomendados, pero los controles aceptados de acuerdo a los especiales requisitos de la norma NFPA 20 pueden ser proporcionados.

Los controles son disponibles para operación combinada tanto manual como automática, u operación manual solamente. Ellos también son disponibles para jaula de ardilla, rotor devanado, motores embobinados, y para energía de dos o tres fases. El arranque a tensión plena es recomendado y preferido, pero los controles por resistencia primaria, de voltaje reducido de arranque también son disponibles.

El interruptor automático de un control de una bomba contra incendio permite arranque normal sin disparo por corriente de arranque, y proporciona protección instantánea al motor por corto

circuito. La capacidad del interruptor automático deberá ser adecuado para el circuito en el cual se localiza, pero no menor de 15000 amps simétricos en cualquier caso.

Los controles automáticos conocidos como controles de servicio limitado son disponibles para tensión plena de motores de jaula de ardilla de 30 HP (22 KW) o menores motores de servicio especial tipo booster para bombas contra incendio.

Turbina de vapor

Cuando un adecuado y confiable suministro de vapor es disponible, el motor de turbina para la bomba contra incendio es aceptable. Solo las máquinas bien construidas de adecuado diseño con marca industrial confiable son usadas. Arreglos especiales son necesarios para operación automática. La velocidad nominal no deberá exceder de 3600 RPM, debido a que ésta es la máxima velocidad de las bombas contra incendio listadas [4].

Motores de combustión interna

Los motores accionados por combustible diesel o gas natural son encontrados en uso para servicio de bombas contra incendio; sin embargo, los motores accionados por gasolina, gas natural, o gas LP no son reconocidos por la norma NFPA 20 [4]. Solo el método de separación del vapor suministrado a un motor con gas LP puede ser permitido.

Los motores de gas natural y gas LP difieren de los motores de gasolina sólo en el diseño del carburador, múltiple de admisión, cabezas del cilindro. Los grandes consumidores industriales de gas natural o gas LP a menudo prefieren la impulsión de las bombas contra incendio usando estos combustibles.

En adición a la referencia de la norma NFPA 20 [4], también es recomendable consultar las normas NFPA 37, NFPA 54, NFPA 58 y NFPA

Sistema de enfriamiento: Un adecuado sistema de enfriamiento es esencial para la operación confiable de un motor de combustión interna. Un sistema de tubería cerrada, con un intercambiador de calor o un múltiple aislado térmicamente, son los arreglos de enfriamiento usual para una unidad de bombeo contra incendio reconocido por la norma NFPA 20. Solo agua limpia o potable deberá ser circulada a través del monoblock del motor. El agua cruda es conducida de la bomba contra incendio, a través de los tubos del intercambiador de calor a descarga libre en un lugar visible, tal como el cono de la válvula de alivio de la bomba contra incendio. En algunos motores, los múltiples, enfriadores de aceite y otras partes son equipadas con cubiertas de agua, como lo recomendado por el fabricante del motor (figura 5.42). La mayoría de los motores requieren un gasto de agua cruda de 15 a 30 gpm (54 a 114 lpm) o algo más.

Tanques de combustible: El tanque de almacenamiento para líquido o gas combustible deberá contener por lo menos un suministro para 8 horas; una capacidad mayor deberá ser prevista si la instalación para rápido reabastecimiento no es disponible. La capacidad puede ser estimada para permitir 1 pinta (equivalente a 0.473 litros) de combustible diesel o gas LP por HP por hora.

Potencia del motor

Los motores específicamente diseñados para bombas contra incendio, son calibrados por la medida de los caballos de potencia desarrollados con todos los accesorios en operación y haciendo lo permitido para uso y desgaste. Otros motores usados con bombas contra incendio fuera del rango de potencia y tipo de motores listados deben tener una capacidad en HP, cuando son equipados para servicios de impulsión de bombas contra incendio, de no menos de 10%, mayor que la máxima potencia al freno requerida por la bomba bajo cualquier condición de carga de ésta. El motor debe cumplir todos los requisitos de los motores listados. En la figura 5.43 son

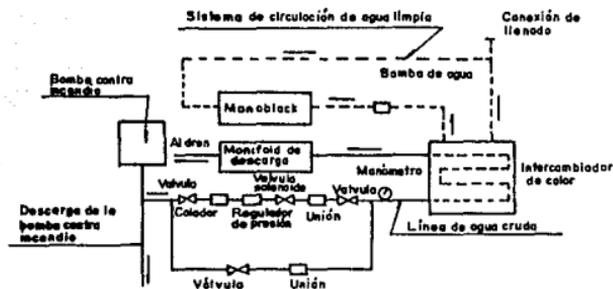


Figura 5.42 Un típico sistema de enfriamiento intercambiador de calor para una unidad matriz controlada automáticamente para una bomba contra incendio; La línea de agua cruda que viene de la bomba contra incendio entra al sistema a través del colador (1) el cual evita que entren sedimentos al sistema, y el regulador de presión (2) el cual protege el intercambiador de calor de presión excesiva. La válvula solenóide (3) es requerida con el control automático del motor. La válvula (4), normalmente cerrada, puede ser usada para by-pass del regulador de presión y la válvula solenóide. La descarga del manifold puede ser enfriado por el sistema de circulación del agua limpia.

mostradas curvas típicas de potencia útil y bruta de motores.

Las curvas de prueba de los motores son basadas a presión barométrica de 29.82 plg (752 mm) de Hg el cual es aproximadamente 300 ft (90 m) sobre el nivel del mar y 77°F (25°C). La potencia útil de un motor para bomba contra incendio deberá ser reducida por cada 1000 ft (300 m) de ascenso en la altitud arriba de 300 ft (90 m) por 3% para un motor diesel y 1% por cada 10°F (5.6°C) por arriba de 77°F (25°C).

Controles del motor

Los controles son usados para operación automática del motor de la bomba contra incendio. Las especificaciones de construcción, localización, y métodos de acción de los controles del motor son los mismos que los indicados para los controles del motor eléctrico. Los controles automáticos son equipados con switches de arranque y paro manual.

Los dispositivos de alarma son proporcionados para indicar baja presión del aceite en el sistema de lubricación, alta temperatura en la camisa del agua del motor, falla del arranque automático y paro por sobrevelocidad (solo diesel).

Un programador semanal de tiempo puede ser proporcionado. Este dispositivo puede ser arreglado para arrancar la unidad automáticamente una vez por semana, y funcionar por un número de minutos predeterminados. Un registrador del manómetro de presión registra este funcionamiento.

Los controles son operados en bajo voltaje de corriente directa de las baterías del motor. El programador de tiempo, el cargador de batería, u otros dispositivos auxiliares no esenciales para el control de la bomba son accionados por lo regular por la corriente alterna suministrada a la propiedad.

CONTROL AUTOMATICO DE LA BOMBA

Muchas instalaciones de bombas contra incendio normalmente son arregladas para operación automática, preferente para arranque automático y paro manual. La selección entre paro manual y automático depende de la evaluación de las condiciones específicas relacionadas con el uso de la instalación de las bombas.

Las bombas centrífugas horizontales bajo control automático siempre deberán operar bajo carga, para evitar la necesidad del cobado.

Cada controlador de motor es equipado con un interruptor de presión, que hace actuar la unidad motriz cuando la presión en la red del sistema de agua desciende a un nivel preseleccionado. A menos que la presión estática del suministro normal de agua sea mayor que la presión de arranque de la bomba, una bomba jockey automática debe ser prevista para mantener la presión en el sistema a un nivel mayor de arranque de la unidad motriz principal.

La instalación de una pequeña bomba jockey, controlada automáticamente, para operación satisfactoria del sistema de protección; es casi siempre necesaria, para mantener la presión del sistema, control de fugas, y evitar operación continua de la bomba mayor.

A continuación se presentan ciertas instalaciones en donde es recomendable la acción de una bomba por detectores flujo de agua en lugar de una por interruptores de presión:

1. Donde la abertura de un moderado número de aspersores no harían descender la presión del sistema lo suficiente para mover el interruptor de presión.
2. Donde un incendio en una localidad de alto peligro demandaría servicio de una bomba contra incendio sin retraso.
3. En un combinado sistema de protección contra incendio y una

planta de servicio, donde la presión sostenida de la bomba sería impráctica.

4. Donde fluctuaciones de presión no hagan posible la calibración para el control.

Los sistemas de alambrado del control de una bomba incluyen terminales para conexión de un relevador para un circuito exterior de alarma a partir de un aspersor de diluvio o sistema especial de protección contra incendio. Para asegurar una acción confiable de la bomba, los circuitos exteriores deberán ser instalados de acuerdo a las normas NFPA, dependiendo de la naturaleza del sistema de señalización.

Los circuitos para arranque automático remoto de bombas contra incendio deberán ser energizados a partir de la energía del controlador.

5.8 PRUEBAS DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

5.8.1 PRUEBAS DE CAMPO DE ACEPTACION

Después de que un nuevo equipo contra incendio ha sido instalado, es una práctica general realizar una prueba de funcionamiento. Los defectos y fallas pueden ser descubiertos, y tomar planteamientos para remediarlos. También demuestran la necesidad de futuras pruebas de mantenimiento.

Los detalles de las pruebas de aceptación son indicadas en la norma NFPA 20 [4]. La prueba demuestra la suficiencia de la succión y capacidad de la bomba para liberar agua de acuerdo con su curva presión-gasto. El motor principal también es operado bajo varias condiciones y su funcionamiento es anotado. Existen requisitos individuales para motores eléctricos, turbinas de vapor, y motores diesel. Operaciones repetidas del equipo de control son requeridas, para asegurar la completa operación de la unidad de acuerdo a la operación manual o automática del controlador.

Las pruebas de gasto son hechas para desarrollar la curva característica presión-gasto de la bomba. El procedimiento seguido es operar la bomba a cinco o seis diferentes gastos, incluyendo a válvula cerrada sin flujo de agua. La capacidad en gpm es determinada con un tubo Pitot en la boquilla conectada a la línea de la manguera en el cabezal de la válvula de la manguera exterior. La descarga es variada cambiando el número de líneas y tamaño de la boquilla o ambos.

Para todos los gastos, son tomadas las lecturas de presión en el manómetro de succión y de descarga; las revoluciones por minuto son medidas también, usando un contador de revoluciones o un tacómetro, si es disponible. La presión neta es calculada de las lecturas del manómetro de succión, y el flujo en gpm correspondiente a las lecturas del tubo Pitot son obtenidas de tablas de descarga.

Las boquillas pueden ser conectadas directamente a los cabezales exteriores, más allá de las tuberías de manguera, si los daños del agua pueden ser evitados. (Con el incremento de la disposición del agua servida, muchas instalaciones de bombeo son equipadas con medidores de gasto para la prueba de aceptación y pruebas periódicas de servicio. Los medidores deberán ser instalados de acuerdo a la norma NFPA 20 sin que interfiera con la operación de la bomba).

Las bombas contra incendio tipo turbina vertical son probadas de la misma forma como las bombas horizontales, excepto que no existe el manómetro de succión. También, el nivel de bombeo deberá ser registrado a varios puntos de prueba a menos que éste sea más o menos constante.

La Tabla 5.21 es una tabulación de datos obtenidos por una prueba típica de aceptación de campo de una bomba horizontal de 1500 gpm contra 100 psi a 1760 rpm. La presión neta y los gastos totales son calculados de los datos observados y graficados. (Ver figura 5.44). La mejor curva ajusta los puntos graficados (Curva

AD. En esta instalación el motor gobernador acoplado está fuera de ajuste, restringiendo la velocidad promedio a 1689 rpm, mientras que la velocidad nominal fue de 1760 rpm.

Debido a que la bomba fue probada a menor velocidad que la nominal, la presión neta observada y los gastos fueron convertidos a los correspondientes como si hubiera sido la velocidad nominal de 1760 rpm. La curva B es la curva característica en las condiciones nominales. Aunque el punto nominal fué apenas alcanzado, el punto de sobrecarga excedió el mínimo por un buen margen. Con el motor ajustado para operar a plena velocidad, el funcionamiento de la bomba sería aceptable.

Para los cálculos de conversión se hizo el procedimiento siguiente:

El gasto es directamente proporcional a las revoluciones por minuto; La presión neta es proporcional a $(rpm)^2$.

TABLA 5.21 PRUEBA DE ACEPTACION DE UNA BOMBA CONTRA INCENDIO DE 1500 gpm, 100 psi, 1760 rpm.

CARACTERISTICAS DE FLUJO							CORREGIDO A 1760 RPM			
RPM	des- car- ga, psi	suc- ción psi	(1) Neta psi	No.	Tama- ño, in	Presión tu- bo Pitot, psi	(1) GPM	(1) To- tal	(1) GPM	(1) Neta psi
1700	125	+16	109	0	---	---	----	0	0	118
1698	120	+18	102	1	1 3/4	70	742	742	772	110
1690	110	+18	94	2	1 3/4	60,60	667,667	1374	1420	101
1686	95	+17	78	3	1 3/4	55,55,55	657,657	1971	2060	85
1675	85	+16	69	4	1 3/4	35,37,48,48	657,657 525,540 614,614	2293	2410	76

1 VALORES CALCULADOS DE LOS DATOS OBSERVADOS.

Por ejemplo; El gasto de prueba de 1971 gpm a 1686 rpm.

Gasto a 1760 rpm = 1971 (1760/1686) = 2060 gpm.

Presión neta para 1971 gpm a 1686 rpm es 78 psi.

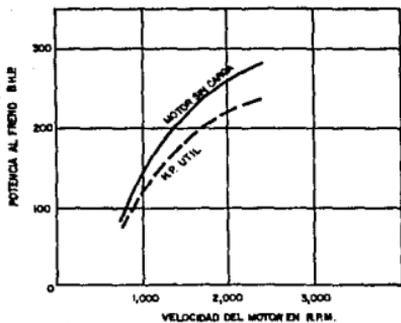


Figura 543 Curvas típicas de potencia del motor.

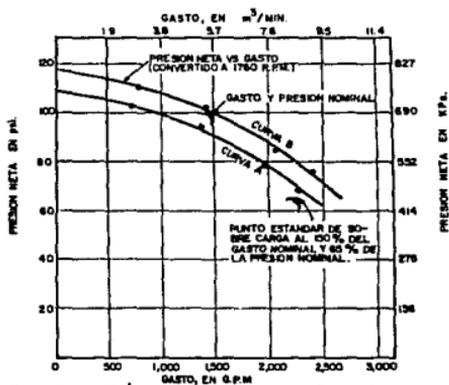


Figura 544 Gráfica de las curvas Gasto-Carga de los datos recopilados de una prueba de aceptación de una bomba contra incendio.

La presión neta para 2060 gpm a 1760 rpm es $78 (1760/1885)^2 = 85$ psi.

En teoría, la curva característica asume la operación a velocidad nominal constante. Actualmente la velocidad del motor de combustión interna y las turbinas de vapor es permitida para variar dentro de un rango de 8% a 10% dentro del gasto cero y máxima carga. La velocidad del motor eléctrico es más cercana a la constante. La reducción de la velocidad puede ocurrir si el suministro de la energía es sobrecargada.

5.8.2 LOCALIZACIÓN Y ALOJAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS CONTRA INCENDIO

Las bombas contra incendio son alojadas en construcciones resistentes a incendio o material no combustible. De igual manera, cuando el clima es algo templado, que no existe peligro de congelamiento, es necesaria suficiente cubierta para protección contra polvo, corrosión, e intemperismo. La separación estructural de la casa de bombas de otras partes de la propiedad es recomendable.

La casa de bombas y las instalaciones de energía deberán estar libres como sea posible de exposición a incendio, explosión, avenidas, y de daños del viento.

La luz, el calor, la ventilación, y el drenaje del piso deberá ser provisto para las casas de bombas. Sobre el nivel de piso, en localización seca es preferida. Para una unidad motriz de combustión interna el calor, la ventilación, y la localización sobre el nivel de piso son esenciales.

Las bombas contra incendio son localizadas preferentemente tan cercanas como sea posible de aquellas áreas donde la protección es más importante. En algunas grandes propiedades, puede ser necesario tener suministro de agua en más de un punto para obtener el más favorable sistema de distribución. Cuando esto resulta en la localización de una bomba en algún lugar aislado de la casa de

bombas, los requisitos para alojamiento y supervisión son de especial importancia.

5.6.3 PRUEBA ANUAL DE LA BOMBA

La bomba contra incendio deberá ser probada anualmente para certificar que esta, la unidad motriz, la succión y el suministro de energía funcionan adecuadamente, y para corregir las fallas que pudieran ser reveladas. El funcionamiento hidráulico de la bomba es medido por una prueba de flujo con manguera y boquillas conectadas al cabezal de la bomba o hidrantes de patio. Se deben de verificar tres puntos sobre la curva estándar, los cuales son:

- 1) A válvula cerrada,
- 2) Sobrecarga (Al 150% de la capacidad nominal o mayor), y
- 3) A un gasto conveniente o uno cercano a la capacidad nominal.

La operación automática es probada abriendo los hidrantes del patio o el drenado de la tubería de subida del sprinkler dejado a consideración para la descarga del sistema de protección contra incendio (descenso de la presión o acción del flujo del agua, bomba jockey, etc.). Esto no es suficiente para iniciar el descenso de la presión por el grifo de prueba sobre el control.

El nivel del agua de estanques o almacenamientos, las condiciones de las mamparas de succión y boquilla de entrada, tanques superficiales, etc., deberán ser cuidadosamente examinadas.

La historia de la variación de la energía, estiaje del agua, y fallas de cualquier tipo relativas a la bomba, la unidad motriz, o equipo asociado, deberán ser investigadas, tomando registro de los controles del motor examinado.

5.8.4 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA BOMBA

Una bomba contra incendio debe estar lista para trabajar solamente en una emergencia, si es operada y mantenida adecuadamente. Es recomendable que halla una persona en la propiedad todo el tiempo, previamente instruida, para operar la bomba y su unidad motriz. Una prueba corta por el operador regular de la bomba deberá ser hecha cada semana descargando agua de una salida conveniente.

Quando una alarma contra incendio es dada o una alarma indica la operación de una bomba contra incendio automática, la persona responsable de la bomba contra incendio deberá proceder a su localización inmediatamente. La bomba preferentemente deberá ponerse en operación manual, permitiéndosele funcionar hasta que la emergencia halla concluido, cuando esta pueda estar en paro manual. Durante esto y en todos aquellos periodos de operación, el equipo deberá ser cuidadosamente verificado para observar si su funcionamiento es adecuado.

Para prevenir demasiadas frecuencias de arranque y paro, el controlador del motor eléctrico tiene un "timer" para mantener la operación del motor por lo menos un minuto por cada 10 HP nominales del motor (no se requiere más de 7 minutos). Es preferido con todos los tipos de unidades motrices de las bombas se permita que la unidad corra hasta que sea parada manualmente. Donde exista más de una bomba contra incendio automática, el control es arreglado para operación de las bombas en una secuencia predeterminada. El control de las bombas desde uno o más controles de botones remotos, los cuales harán arrancar la bomba pero no la pararán, pueden ser previstos si se desea. También, si existe una válvula de control de diluvio de un dispositivo del sistema de descarga abierto, la bomba puede ser arrancada por un relé de caída en un circuito cerrado.

El enfriamiento y lubricación de una bomba centrífuga contra incendio depende del agua que la bomba nunca debe tener corriendo fuera de la carcasa llena de la bomba. Deberá prestarse atención a

las chumaceras y estoperos durante los primeros minutos de arranque para ver que no existe alto calentamiento y no requiere de ajuste. Cuando el agua alcanza el sello del estopero, un goteo pequeño en la glándula de éste es recomendable. Los manómetros de succión y descarga deberán ser leídos ocasionalmente para ver que la entrada no es obstruida por una estrangulación de la mampara o válvula de pie.

Con una bomba contra incendio tipo turbina vertical, el nivel del agua puede ser observado si la succión es de un suministro visible. Si la bomba toma la succión de un pozo, el equipo de prueba del nivel del agua debe ser usado. El nivel del agua subterránea en el bombeo deberá ser verificado a intervalos durante la prueba anual al 150% de la capacidad. Estas pruebas deberán indicar cualquier cambio importante en el suministro de agua subterránea. Además, la dirección de la rotación de la bomba y la velocidad de operación siempre deberá ser verificada.

Mantenimiento del suministro de energía

La fuente de suministro de energía para la bomba deberá también ser verificada. Con una unidad motriz de motor eléctrico el suministro de la corriente es la fuente principal para el motor y su equipo auxiliar. Para la unidad motriz de turbina de vapor su fuente principal es el suministro de vapor para la válvula de control y la ausencia de condensado del suministro de la turbina, y escape. Si la bomba tiene una unidad motriz a base de motor diesel, este combustible debe ser adecuado para 8 horas de operación. Las baterías deberán estar completamente cargadas.

El equipo de arranque debe ser probado para operar y su funcionamiento cuidadosamente verificado. Cualquier evidencia de un descenso en el voltaje para un motor eléctrico o un descenso en la presión de vapor para una turbina deberá ser investigado.

Con un motor diesel, el aceite de cárter deberá ser reemplazado o renovado cuando sea necesario, al filtro de aceite y

al purificador de aire deberá proporcionarse la atención necesaria, el equipo de carga automático de la batería deberá ser verificado, y la densidad relativa de la batería electrolítica deberá determinarse al menos una vez al mes.

5.9 SISTEMA DE AGUA PARA SERVICIO CONTRA INCENDIO POR EL METODO DE ENFRIAMIENTO

Aspectos generales de diseño

Las condiciones básicas que deben tomarse en cuenta para lograr un buen diseño de un sistema de agua para servicio contra incendio en las instalaciones industriales, son las siguientes:

- a) Consumo de agua en lps o gpm.
- b) Tiempo que debe mantenerse el suministro.
- c) Presión de descarga que debe tener el agua en la salida de los hidrantes o monitores más alejados (nunca debe ser menor de $7.0 \text{ Kg/cm}^2 \text{ man.}$) y en la cámara de espuma más distante (nunca debe ser menor de 3.16 Kg/cm^2).

Estas tres condiciones se determinan de acuerdo con las dimensiones de la instalación y contra el riesgo mayor.

Los hidrantes (figura 5.48) deben ser diseñados para que por cada toma proporcione los consumos indicados en la Tabla 5.22.

Dentro de los diversas formas de aplicación directa del agua, para fines de protección contra incendio, se dispone de tres tipos de boqueras:

- 1) Con chiflón de chorro.
- 2) Los de regadera, y
- 3) Los de tipo neblina o atomizadores.

Generalmente, se recomienda el chiflón tipo chorro para incendios Clase "A", siendo adecuado para riesgos cuyos contenidos

no se esparcen ni se dañan por la fuerza del agua. Los chiflones tipo regadera, son recomendables para emplearse en sustancias a granel o que tienden a dañarse o esparcirse por la fuerza del agua. Para incendios Clase B o C, es recomendable el chiflón tipo neblina o atomizada.

La aplicación para enfriamiento de los tanques de almacenamiento y tuberías relativas, es mayormente efectiva por medio de regadera; sin embargo, como recomendación general, es la de que los dispositivos de aplicación sean de tres pasos; es decir, chiflón de chorro, de regadera y neblina, con el fin de tener una gama de aplicaciones completa, de acuerdo a las circunstancias que pudieran presentarse.

Los monitores (figura 5.46) deben ser diseñados para que cada uno proporcione el gasto requerido de acuerdo a las instalaciones de proceso, ya sean refinerías o plantas petroquímicas, según la Tabla 5.23.

TABLA 5.22 GASTO POR CADA TOMA EN HIDRANTES

DIAMETRO mm (in)	CONSUMO	
	GPM	LPS
38 (1 1/2)	100	6
63 (2 1/2)	250	15

TABLA 5.23 GASTO POR CADA MONITOR

PROCESO	CONSUMO	
	GPM	LPS
De refinación	500	31
De petroquímica	1000	63

Las pérdidas a través de los hidrantes no deben ser mayores de 0.14 Kg/cm^2 al estar trabajando con su gasto máximo.

Los sistemas de agua para servicio contra incendio se componen

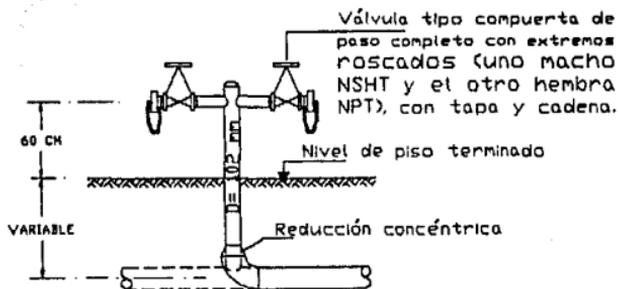


Figura 5.45 Instalación para hidrante intermedio o extremo, de dos tomas.

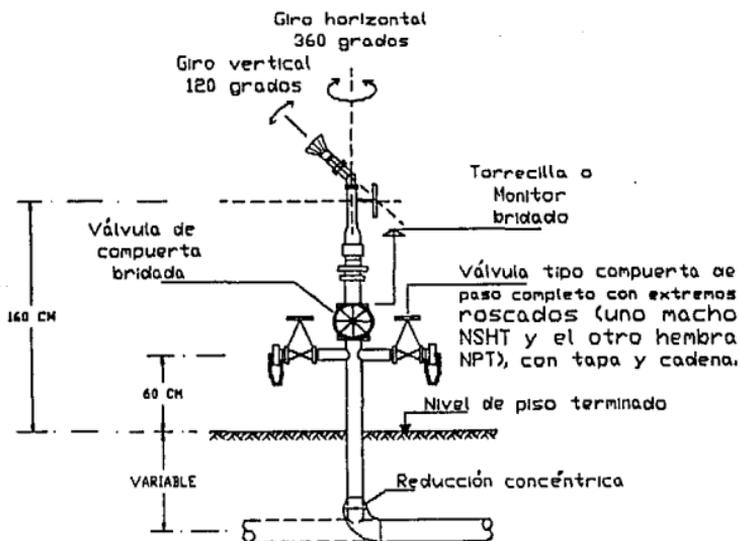


Figura 5.46 Instalación del monitor con hidrante de dos tomas.

normalmente de una fuente de abastecimiento de agua con un volumen tal que pueda satisfacer las necesidades de demanda en caso de emergencia, estas fuentes de abastecimiento son designadas como fuente primaria y fuente secundaria.

Las fuentes primarias son aquellas tales como rios, lagos, fuentes naturales, pozos o servicios municipales; es decir, es aquella fuente que es exclusiva para el sistema de agua contra incendio.

Las fuentes secundarias son aquellas tales como tanques elevados o cisternas; es decir, es aquella fuente que no es exclusiva para servicio contra incendio, sino que su utilización es otra. Por ejemplo: agua de servicios, agua tratada, agua de enfriamiento, etc.

El sistema de bombeo debe ser tal que proporcione el agua en la cantidad y presión requerida de acuerdo con las necesidades y contra el riesgo mayor en cada caso. Además, debe procurarse que la red de distribución de agua forme circuitos cerrados en las áreas y zonas a proteger, contando con las facilidades para que puedan aislarse por medio de válvulas y sus respectivas salidas para hidrantes, monitores y sistemas fijos de aspersión, si se cuenta con ellos.

En las redes de agua contra incendio que requieran estar presionadas por bombas estacionarias, se instalarán dos bombas: una accionada por motor eléctrico, y la otra por cualquier otro medio de accionamiento, tal como motor de combustión interna, turbina de vapor y agua, etc., cuando el tamaño de la red lo haga necesario deben instalarse varios equipos de bombeo.

En las instalaciones de proceso la tubería debe distribuirse de tal forma, que generalmente forme anillos, pudiéndose instalar un máximo de 12 hidrantes y o monitores en cada uno si el diámetro de la tubería lo permite.

Condiciones de diseño

La capacidad de la fuente primaria debe determinarse en función del gasto máximo requerido para el riesgo mayor que se tenga en la instalación que se va a proteger y el tiempo durante el cual el agua debe ser aplicada, este tiempo debe ser determinado de los reportes de las experiencias que se tengan al respecto [62]. La norma 2.607.21 de PEMEX recomienda un tiempo de 8 horas para la determinación de la capacidad de esta fuente [63].

La capacidad de almacenamiento de la fuente secundaria debe ser capaz de mantener el gasto necesario en caso de incendio. En general, la capacidad de almacenamiento depende de la extensión, localización y peligrosidad del área por proteger. Para áreas de instalaciones industriales, el almacenamiento de agua contra incendio debe ser suficiente para que la bomba o bombas funcionen ininterrumpidamente durante un período de cinco (5) horas, de acuerdo con el gasto máximo previsible según los riesgos que se tengan.

La capacidad de las bombas debe ser tal que permita mantener los gastos y presiones requeridas para combatir el incendio de un riesgo mayor existente en la instalación. Su capacidad nominal puede ser la indicada en la Tabla 5.24. Además, el número de tomas alimentadas simultáneamente será el indicado en la Tabla anteriormente señalada.

TABLA 5.24 CAPACIDAD RECOMENDABLE DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO Y NUMERO DE TOMAS ALIMENTADAS SIMULTANEAMENTE

CAPACIDAD NOMINAL DE LA BOMBA	GPM	250	500	750	1000	1500	2000	2500
	LPS	16	31	47	63	94	126	158
Número de tomas para mangueras de:	2 1/2 " (63 mm)	1	2	3	4	6	6	8
	1 1/2 " (38 mm)	3	6	9	12	18	18	24

La calidad del agua para suministro del sistema de protección contra incendio de preferencia debe ser agua limpia y dulce. Esta agua no debe emplearse para alimentar otras líneas que no sean la red contra incendio. Si se utiliza agua salada, se debe efectuar un estudio que permita determinar el espesor total de pared del tubo, ya sea aplicando tolerancias para corrosión para acero al carbón o la utilización de otros materiales. En las instalaciones con sistemas de aspersión, si se cuenta, siempre debe usarse agua limpia y dulce.

Los hidrantes deberán estar situados aproximadamente a 30 m uno de otro en donde existan instalaciones, y en las áreas de tanques o almacenamiento de tambores a la intemperie estarán colocados estratégicamente. Los monitores se deberán instalar en las áreas de las instalaciones en donde los riesgos lo ameriten, pudiéndose ampliar el área protegida colocándolos sobre plataformas elevadas protegidas por barandal y con la escalera de acceso situada hacia el lado que se considere menos expuesto a un posible incendio. El número de monitores y su localización se deberá decidir en cada instalación según las necesidades lo ameriten, la capacidad almacenada de agua lo permita, el alcance que tenga con chorro y niebla, disposición, forma y riesgo inherente del equipo por proteger.

El diámetro mínimo de la tubería de redes contra incendio, en las instalaciones de proceso y almacenamiento, debe ser de 152 mm (6 in) y el número máximo de hidrantes y o monitores por anillo de 12. En otros casos, el diámetro de la tubería y la colocación de los hidrantes y o monitores deben determinarse tomando en cuenta el número de tomas, distancias y condiciones del lugar, considerando las disposiciones de las normas de seguridad aplicables.

El tubo de succión de la bomba debe tener el diámetro necesario para que pueda circular por él, 150% del gasto total con una velocidad máxima de 1.50 m/s.

El tubo de descarga de la bomba debe ser del diámetro que se indica en la Tabla 5.25.

En la línea de descarga de la bomba y en el sentido del flujo, debe instalarse una válvula de retención seguida de una válvula de compuerta, de preferencia de vástago ascendente.

La velocidad del agua para la selección del diámetro de la tubería, es de 1.83 a 3.66 m/s cuando se trate de agua dulce. Para redes de agua contra incendio que manejen exclusivamente agua salada, se debe considerar una velocidad de 1.22 a 2.44 m/s.

TABLA 5.25 DIAMETRO DEL TUBO DE DESCARGA

CAPACIDAD NOMINAL DE LA BOMBA	GPM	250	500	750	1000	1500	2000	2500
	LPS	18	31	47	63	94	126	158
Diámetro de la tubería de descarga	in	4	5	6	8	10	10	12
	mm	102	152	203	203	254	254	305

CAPITULO SEIS OPERACION

En este capítulo se tratarán aspectos relativos al control del riesgo de incendio involucrando líquidos. Se proporcionarán algunas recomendaciones básicas y requisitos de seguridad que son importantes seguir, en el diseño de áreas de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables. Sin embargo, pueden no ser adecuadas las provisiones señaladas para las operaciones relativas a reacciones de productos químicos de materiales peligrosos, resultantes de la exposición a tales materiales o sustancias.

6.1 GENERALIDADES Y ALCANCE

La aplicación de este capítulo tiene como objetivo las operaciones que involucran el uso y manejo de líquidos combustibles e inflamables como una actividad principal.

Las operaciones de proceso de líquidos combustibles e inflamables deberán ser localizadas y operadas de tal manera que no constituyan un peligro significativo de incendio o explosión causando daño a la vida humana y a otras propiedades, o a edificios importantes e instalaciones dentro de la misma planta. Los requisitos específicos dependen del riesgo inherente de sus mismas operaciones, incluyendo los líquidos que están siendo procesados, las temperaturas de operación y presiones, y la capacidad para controlar la liberación de cualquier líquido o vapor o incendio incidental que pudiera ocurrir.

6.2 RECOMENDACIONES

Localización

La distancia mínima de un recipiente de proceso a una propiedad adyacente o al edificio importante más cercano en la misma propiedad deberá estar basada en la estabilidad del líquido

y capacidad del recipiente, como se especifica en la Tabla 6.1; Sin embargo, algunas excepciones son indicadas en ésta misma sección.

La mayoría de los términos empleados ya han sido discutidos en este trabajo en capítulos anteriores. La "capacidad de operación máxima del líquido" de un recipiente de proceso es similar a la capacidad máxima de un tanque de almacenamiento. Sin embargo, algunos recipientes de proceso son diseñados sólo para operar parcialmente llenos con líquido, el resto del recipiente contiene gas o vapor. Esta es la capacidad del líquido que es de importancia resaltar aquí.

El mayor espaciamiento requerido para líquidos inestables reconoce la posibilidad de que una reacción del producto químico fugado puede producir tasas de presión y flujo que excedan la capacidad del sistema de ventilación. Es importante observar que las distancias especificadas en la Tabla 6.1 son duplicadas si la protección para exposición no es provista.

Quando los recipientes de proceso son localizados en una construcción y la distancia del muro exterior de cara a la exposición (línea de propiedad adyacente que puede ser construida o edificio importante más cercano en la misma propiedad) es mayor de 7.6 m (25 ft) desde la exposición y es un muro ciego con una resistencia al fuego de clasificación no menor de 2 horas, cualquier distancia mayor requerida en la Tabla 6.1 puede ser renunciada. Ahora bien, cuando un muro ciego con una resistencia al fuego de clasificación no menor de 4 horas es provisto, los requisitos de espacio pueden ser renunciados. En adición, cuando son manejados líquidos Clase IA o inestables, el muro deberá ser resistente a explosión de acuerdo a una buena práctica ingenieril.

Los equipos que manejan líquidos, tales como: bombas, calentadores, filtros, intercambiadores, etc., no deberán ser localizados a menos de 7.6 m (25 ft) a la línea de propiedad, donde la propiedad adyacente es o puede ser construida, o al edificio importante más cercano en la misma propiedad que no sea parte

integral del proceso. Sin embargo, cuando un muro ciego, de cara a la exposición, con una resistencia al fuego de clasificación no menor de 4 horas es provisto, el requisito de espacio puede ser renunciado. Aunque, si el líquido que es manejado es de la Clase I o líquido inestable, tal muro deberá ser resistente a explosión.

TABLA B.1 LOCALIZACION DE RECIPIENTES DE PROCESO DESDE LAS LINEAS DE PROPIEDAD Y EL EDIFICIO IMPORTANTE MAS CERCANO EN LA MISMA PROPIEDAD DONDE LA PROTECCION PARA EXPOSICION ES PROPORCIONADA.

Capacidad máxima de operación del líquido en el recipiente.	Distancia mínima desde la línea de propiedad que es o puede ser construida, incluyendo el lado opuesto de un camino público.				Distancia mínima desde el lado más cercano de cualquier camino público o desde el edificio importante más cercano de la misma propiedad que no es parte integral del proceso.			
	(En metros)							
	Líquido Estable		Líquido Inestable		Líquido Estable		Líquido Inestable	
	Alivio de emergencia				Alivio de emergencia			
(En litros)	No Mayor de:	Mayor de:	No Mayor de:	Mayor de:	No Mayor de:	Mayor de:	No Mayor de:	Mayor de:
	2.5 psig	2.5 psig	2.5 psig	2.5 psig	2.5 psig	2.5 psig	2.5 psig	2.5 psig
1041 o menor	1.5	3.0	4.6	6.1	1.5	3.0	4.6	6.1
1042 a 2839	3.0	4.6	7.6	12.2	1.5	3.0	4.6	6.1
2840 a 45420	4.6	7.6	12.2	18.3	1.5	3.0	4.6	6.1
45421 a 113550	6.1	9.1	15.2	24.4	1.5	3.0	4.6	6.1
113551 a 189250	9.1	13.7	22.9	36.6	3.0	4.6	7.6	12.2
189251 a 378500	15.2	22.9	38.1	61.0	4.6	7.6	12.2	18.3
Más de 378500	24.4	36.6	61.0	91.4	7.6	12.2	19.8	30.5

NOTA: DUPLICAR LAS DISTANCIAS CUANDO NO ES PROVISTA LA PROTECCION PARA EXPOSICIONES.

Los equipos de proceso operados a altas presiones requieren de consideración especial. Las fugas en equipos operados a alta presión pueden provocar una considerable liberación de vapor o líquido atomizado, algunas veces culminando en una explosión. Es por esto que, los equipos operados a presiones superiores a 1000 psig (70.3 Kg/cm²) pueden requerir mayor espaciamiento.

Los equipos de proceso que manejen líquidos inestables, deberán estar separados de las instalaciones que no están relacionadas que usen o manejen líquidos, por una distancia libre de 7.6 m (25 ft) o un muro que tenga una resistencia al fuego de clasificación no menor de 2 horas. También, el muro deberá ser resistente a explosión de acuerdo a una buena práctica ingenieril. El propósito de este muro ciego es, principalmente, para interceptar cualquier presión generada por una explosión.

Cada unidad de proceso o construcción que albergue equipo de proceso de líquido, deberá ser accesible desde por lo menos un costado para maniobras y control contra incendio.

Construcción

Los edificios o estructuras de proceso deberán ser resistentes al fuego o de material no-combustible, excepto que la construcción combustible que puede ser usada sea instalada con rociadores automáticos o protección equivalente, quedando sujeta a la aprobación de la autoridad que tenga jurisdicción (21).

Cuando se requieran muros para separar operaciones de proceso de otras ocupaciones o líneas de propiedad, aquellos deberán tener una resistencia al fuego de clasificación no menor de 2 horas. En adición, cuando estén siendo almacenados o procesados líquidos Clase I o líquidos inestables, el muro de separación deberá ser resistente a explosión de acuerdo con una buena práctica ingenieril.

Es un requisito que los líquidos Clase I no deben ser manejados o usados en sótanos. Cuando éstos sean manejados o usados arriba del nivel de piso dentro de los edificios con sótano o cercano a fosos hacia el cual los vapores inflamables pueden viajar o propagarse, tales áreas bajas deberán ser provistas con ventilación mecánica, diseñada para evitar la acumulación de vapores inflamables. Principalmente deberán tomarse medidas para prevenir que las fugas de los líquidos escurran hacia los sótanos.

Es importante tener una buena ventilación del humo y de los gases calientes, proporcionando un adecuado acceso para las maniobras contra incendio en la zona de siniestro [20].

Las áreas deberán tener arreglos de salidas de emergencia de las instalaciones para auxiliar a los ocupantes cuando hayan sido atrapados en el evento de un incendio. La norma NFPA 101 [19], proporciona información sobre el diseño de las salidas de las instalaciones. Las salidas de emergencia no deberán ser expuestas por las instalaciones del sistema de drenaje de emergencia.

Un aspecto importante relativo a las maniobras contra incendio y salidas de emergencia, es la de que los pasillos, para estos efectos, deberán ser adecuados y mantenidos libres de obstáculos.

Las áreas donde los líquidos Clase IA o líquidos inestables sean procesados, deberán tener ventilación de explosión por medio de uno o más de los siguientes métodos [13]:

- 1) Construcción abierta al aire;
- 2) Muros y/o techo de peso ligero;
- 3) Paneles de muro de peso ligero y techo escotilla;
- 4) Ventanas tipo ventilación-explósión.

La ventilación de explosión también puede ser deseable donde líquidos estables u otra clase de líquidos son calentados y sus vapores son liberados.

Ventilación

Las áreas de proceso cerradas manejando o usando líquidos Clase I, o Clase II o Clase III por arriba de sus puntos de inflamación, deberán ser ventilados a una razón de no menos de 1 ft^3 por minuto por ft^2 (0.3 m^3 por minuto por m^2) de área de piso. Esta deberá ser complementada con ventilación natural o mecánica con descarga o extracción a un lugar seguro fuera del edificio sin

recirculación. Como excepción, se acepta la recirculación donde sea monitoreado continuamente usando un sistema a prueba de falla que sea diseñado para que automáticamente suene una alarma, parando la recirculación, y proporcionando completa descarga al exterior en el evento en que sea detectada la mezcla de vapor-aire en concentración uno-cuatro del mínimo límite inflamable.

Es esencial tomar provisiones para introducir aire de reposición de tal manera que evite poner en corto-circuito la ventilación. Esta deberá tener un arreglo tal que incluya el área total del piso o fosos donde los vapores inflamables puedan recolectarse. Donde la ventilación natural sea inadecuada, la ventilación mecánica deberá ser proporcionada y mantenida en operación mientras los líquidos inflamables estén siendo manejados. La ventilación local o spots de ventilación pueden ser necesarios para el especial control del incendio o peligros a la salud. Tal ventilación, si es provista, puede ser utilizada por arriba del 75% de la ventilación requerida [17][18].

El equipo usado en un edificio y la ventilación del edificio deberá ser diseñada para limitar la mezcla inflamable de vapor-aire por debajo de las condiciones de operación normales para el interior del equipo, y a una distancia no mayor de 5 ft (1.5 m) desde el equipo que expone los líquidos Clase I al aire. Ejemplo de tales equipos son las estaciones de despacho, centrifugas abiertas, placa y estructura de filtros, filtros de vacío abiertos y superficies de equipo abierto.

Drenaje

El sistema de drenaje de emergencia deberá ser proporcionado para dirigir las fugas de líquido combustible o inflamable y el agua de protección contra incendio a un lugar seguro. Esto puede requerir bordillos o guarniciones, imbornales o sistemas de drenaje especial para controlar la propagación del incendio. El Apéndice A de la norma NFPA 15 [3], proporciona información al respecto.

El sistema de drenaje de emergencia, si es conectado a una alcantarilla o descarga a un canal público, deberá ser equipado con trampas o separadores de aceite (Ver figura 6.1).

Un buen sistema de drenaje de emergencia es aquel que es diseñado y operado para evitar la descarga normal de líquidos combustibles o inflamables a tuberías o alcantarillas públicas, o a propiedades adyacentes.

Equipo Eléctrico

Esta sección será aplicable para áreas donde los líquidos Clase I sean almacenados o manejados y donde los líquidos Clase II o Clase III sean almacenados o manejados a una temperatura superior a la de sus puntos de inflamación.

El equipo eléctrico y alambrado deberá ser de un tipo específico, e instalado de acuerdo con la norma NFPA 70, National Electric Code. Esta norma especifica los tipos de equipo, cajas de equipo y métodos de alambrado para varias localizaciones. La aplicación de este código está dirigida a aquellas zonas que pueden ser peligrosas debido a la ignición de la atmósfera causada por la generación de vapores de los líquidos combustibles e inflamables. Estas son designadas como "Localizaciones peligrosas Clase I", por la norma NFPA 70.

La Tabla 6.2 es de gran utilidad para la Clasificación eléctrica de áreas y deberá ser usada para delinear y clasificar a éstas para propósito de instalación de equipo eléctrico bajo condiciones normales. En esta Tabla señalada, se indican las figuras más importantes, para la definición de los límites de algunas áreas peligrosas. En la aplicación de áreas clasificadas, éstas no deberán extenderse más allá de un piso o techo cerrado, muro u otras partes cerradas. La designación de clases y divisiones son definidas en el Capítulo 5, Artículo 500, de la norma NFPA 70 [15].

El Capítulo 5, Artículo 500, de la norma NFPA 70, reconoce dos grados de peligro con relación a la localización peligrosa Clase I: La División 1 y La División 2. En una localización División 1, una atmósfera ignicible es asumida para estar presente siempre o la mayor parte del tiempo, debido a maniobras abiertas de líquidos o fugas o reparaciones frecuentes. Por lo cual, cualquier corto-circuito o mal funcionamiento del sistema eléctrico que provoque un arco o chispa, probablemente generará una ignición. En la localización División 2, una atmósfera ignicible no está normalmente frecuente, pero puede ser generada por condiciones de operación anormal, envolviendo el equipo que maneja el líquido. Por lo cual, es posible considerar la ignición sólo si existe un corto-circuito simultáneo del equipo de proceso y el sistema eléctrico como un evento diferente.

El criterio básico de diseño para equipo eléctrico apropiado para localizaciones peligrosas son:

- 1) Los arcos y partes que provocan chispas son encerrados;
- 2) Los equipos encerrados son capaces de resistir una explosión interna, atrapando el vapor en su interior para que sea enfriado.
- 3) Que los gases calientes resultantes de una explosión interna sean enfriados a la vez que son forzados a salir al exterior de su caja, de tal manera que no puedan incendiar la atmósfera circundante. Un simple diagrama de una caja eléctrica a prueba de explosión es mostrada en la figura 8.2. El equipo eléctrico debe ser aprobado para la división en la cual sea localizado.

Las clasificaciones de áreas listadas en la Tabla 8.2 están basadas sobre la premisa de que la instalación cumple con los requisitos aplicables de la norma NFPA 30, en todos los aspectos.

Cuando esto no sea el caso, la autoridad que tenga jurisdicción tendrá la autoridad para clasificar la extensión del área.

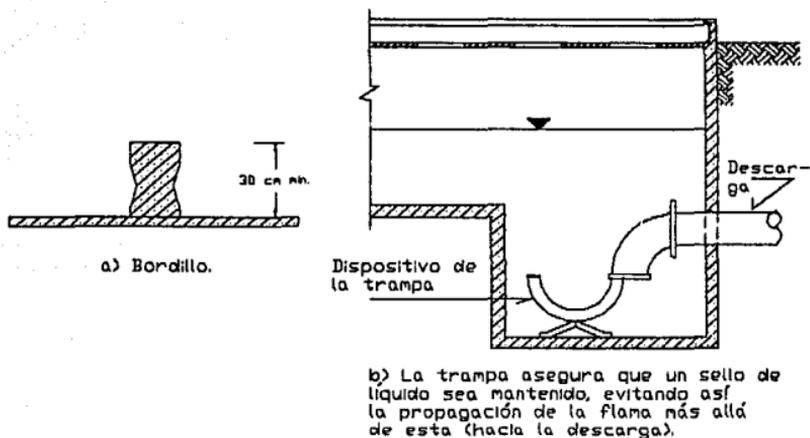


Figura 6.1 Detalles de un sistema de drenaje para áreas que manejan líquidos inflamables o combustibles.

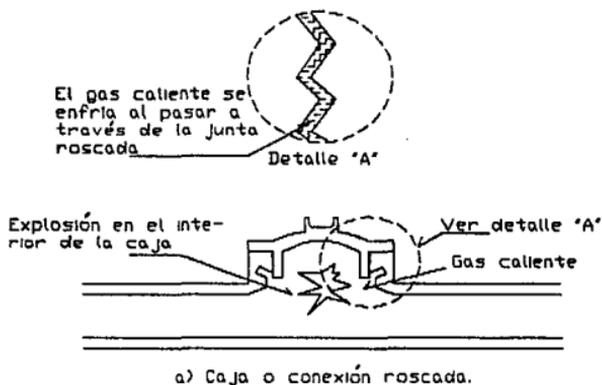


Figura 6.2 Esquema de una conexión a prueba de explosión (tipo roscada).

La atención particular deberá estar encaminada para cumplir la adecuada ventilación; Lo contrario, significa que mayores volúmenes pueden contener una atmósfera ignicible. Consecuentemente, el área clasificada como peligrosa, puede ser ampliada más allá de los límites descritos en la Tabla 6.2.

Cuando los requisitos anteriores especifiquen la instalación de equipo eléctrico recomendable para localizaciones Clase I, División 1 ó División 2, el equipo eléctrico ordinario incluyendo el interruptor principal puede ser usado si es instalado en un área o caja que es mantenida bajo presión positiva con relación al área clasificada. La ventilación proporcionada por medio del aire de reposición no deberá ser contaminada [25].

6.3 MANEJO, TRANSFERENCIA Y USO DE LIQUIDO

Generalidades

Los líquidos Clase I deberán mantenerse en tanques o recipientes cerrados cuando no sean utilizados. Los líquidos Clase II y Clase III deberán mantenerse en tanques o recipientes cerrados cuando la temperatura ambiente o de proceso sea mayor que la de los puntos de inflamación de tales líquidos.

La transferencia de líquidos por medio de presurización del recipiente con aire está prohibido. La transferencia de líquidos por presión por medio de gas inerte es permitida sólo si los controles, incluyendo los dispositivos de alivio de presión, son proporcionados para limitar la presión de tal manera que no exceda la presión de diseño del recipiente, tanque, y sistema de tuberías.

Las bombas de desplazamiento positivo deberán ser provistas con alivio de presión, desfogando hacia el tanque, la succión de la bomba u otro lugar recomendable.

Equipo. El equipo deberá ser diseñado y arreglado para prevenir el escape no intencional de líquidos y vapores.

TABLA 6.2 CLASIFICACION ELECTRICA DE AREAS

LOCALIZACION	N E C CLASE I DIVISION	EXTENSION DEL AREA CLASIFICADA
Equipo instalado en interiores, donde la mezcla inflamable vapor-aire puede existir bajo operaciones normales.	1	El área dentro de una distancia de 1.5m (5 ft) en cualquier dirección de tal equipo, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El área entre 1.5m (5 ft) y 2.4 m (8ft) de cualquier lado de tal equipo, extendiéndose en todas direcciones. También, el área a la altura de 0.9 m (3 ft) - arriba del piso o a nivel de piso dentro de 1.8 m (5 ft) a 7.62 m (25 ft) horizontalmente desde cualquier lado del tal equipo. ¹
Equipo instalado en exteriores, donde la mezcla inflamable vapor-aire puede existir bajo operación normal.	1	El área dentro de 0.9 m (3 ft) de cualquier lado del equipo, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El área entre 0.9m (3 ft) y 2.4 m (8ft) de cualquier lado de tal equipo, extendiéndose en todas direcciones. También, el área a la altura de 0.9 m (3 ft) - arriba del piso o a nivel de piso dentro de 0.9 m (3 ft) a 3.05 m (10 ft) horizontalmente desde cualquier lado del tal equipo.
Tanque-Superficial (Figura 6.3)	1	El área interior del dique cuando la altura del dique es mayor que la distancia desde el tanque hacia el dique por más del 50% del perímetro del tanque.
Cuerpo, límites, o techo y Area del dique. (Figura 6.4)	2	Dentro de los 3.05m (10 ft) del cuerpo, límites, o techo del tanque. El área interior del dique al nivel de la altura máxima del dique.
Ventilas	1 Fig. 6.4	Dentro de los 1.5 m (5 ft) del extremo abierto de la ventila, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El área entre los 1.5 m (5 ft) y 3.05 m (10 ft) del extremo abierto de la ventila, extendiéndose en todas direcciones.

1 LA LIBERACION DE LIQUIDOS CLASE I PUEDEN GENERAR VAPORES QUE SE PROFANAN EN EL EDIFICIO TOTALMENTE, Y POSIBLEMENTE EN UNA ZONA CIRCUNDANTE DE ESTE, QUE DEBERA SER CONSIDERADA COMO UNA LOCALIZACION CLASE I, DIVISION 2.

TABLA 6.2 CLASIFICACION ELECTRICA DE AREAS (continuación)

LOCALIZACION	N E C CLASE I DIVISION	EXTENSION DEL AREA CLASIFICADA
Techo Flotante (Figura 6.5)	1	El área arriba del techo flotante y dentro del cuerpo.
Aberturas de llenado de Tanques Enterrados (Figura 6.6)	1	Cualquier hoyo o foso, caja o espacio abajo del nivel de piso, si cualquier parte está dentro de una División 1 ó 2 del área clasificada.
	2	A una altura de 46 cm (18 in) arriba -- del nivel de piso, dentro de un radio horizontal de 3.05 m (10 ft) a partir de un acoplamiento de conexión de llenado, y dentro de un radio horizontal de 1.5 m (5ft) a partir de una conexión de llenado hermética o fija.
Ventilas-- --Descargando verticalmente hacia arriba	1	Dentro de los 0.9 m (3 ft) del extremo abierto de la ventila, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El área entre los 0.9 m (3 ft) y 1.5 m (5 ft) del extremo abierto de la ventila, extendiéndose en todas direcciones.
Llenado de tanques y recipientes en exteriores, o interiores con ventilación adecuada.	1	Dentro de los 0.9 m (3 ft) de las aberturas de ventilas y llenado, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El área dentro de los 0.9 m (3 ft) y 1.5 m (5 ft) desde las aberturas de llenado y ventilas, extendiéndose en todas direcciones. También a una altura de 46 cm (18 in) arriba del piso o a nivel de piso dentro de un radio horizontal de 3.05 m (10 ft) desde las aberturas de llenado y venteo.

TABLA 6.2 CLASIFICACION ELECTRICA DE AREAS (continuación)

LOCALIZACION	N E C CLASE I DIVISION	EXTENSION DEL AREA CLASIFICADA
Bombas, Válvulas de escape o purgas, conexiones desmontables, medidores y dispositivos similares en interiores	2 Fig. 6.8	Dentro de los 1.5 m (5 ft) de cualquier lado de tal dispositivo, extendiéndose en todas direcciones. También, a una altura de 0.9 m (3 ft) arriba o a nivel de piso dentro de los 7.60 m (25 ft) horizontalmente desde cualquier lado de tal dispositivo.
En exteriores	2 Fig. 6.9	Dentro de los 0.9 m (3 ft) de cualquier lado de tal dispositivo, extendiéndose en todas direcciones. También, a una altura de 45 cm (18ft) arriba o a nivel de piso dentro de los 3.05 m (10 ft) horizontalmente desde cualquier lado de tal dispositivo.
Fosos: Sin ventilación mecánica.	1 Fig. 6.5	El área completa dentro del foso si cualquier parte está dentro de una área clasificada División 1 ó 2.
Con ventilación mecánica adecuada.	2	El área completa dentro del foso si cualquier parte está dentro de una área clasificada División 1 ó 2.
Conteniendo válvulas, accesorios, o tubería y no está dentro de una Área Clasificada División 1 ó 2.	2 Fig. 6.7	El foso completo.
Canales de drenaje, separadores, estanque de almacenamiento: En exteriores.	2	El área a una altura de 45 cm (18 in) por arriba del canal, separador, o estanque. También a una altura de 45 cm (18 in) por arriba del nivel de piso dentro de los 4.57 m (15 ft) horizontalmente medidos desde cualquier lado.
En interiores.		Considere la misma extensión de área clasificada para "Fosos".

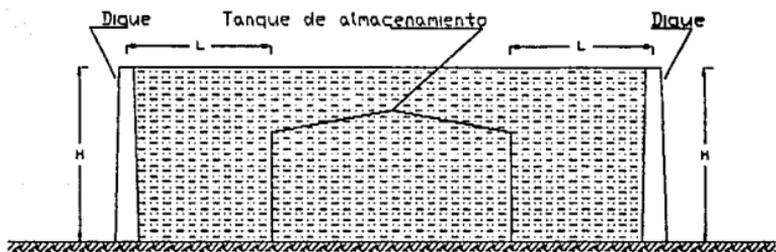
TABLA 6.2 CLASIFICACION ELECTRICA DE AREAS (continuación)

LOCALIZACION	N E C CLASE I DIVISION	EXTENSION DEL AREA CLASIFICADA
Vehículo Tanque y Carro Tanque cargando a través del domo abierto. (Figura 6.10)	1	Dentro de los 0.9 m (3 ft) de la parte del domo, medido en todas direcciones.
	2	El Área entre los 0.9 m (3 ft) y 4.57 m (15 ft) de la parte del domo, midiéndose en todas direcciones.
Cargando a través de conexiones en la base con ventilación atmosférica. (Figura 6.11)	1	Dentro de los 0.9 m (3 ft) del punto de la ventilación a la atmósfera, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El Área dentro de los 0.9 m (3 ft) y 4.57 m (15 ft) del punto de la ventilación a la atmósfera, extendiéndose en todas direcciones. También a una altura de 45 cm (18 in) arriba del nivel de piso dentro de un radio horizontal de 3.05 m (10 ft) desde el punto de la conexión de carga.
Oficinas y áreas de descanso.	Ordinario.	Si existe cualquier abertura en estas áreas dentro de la extensión de una área interior clasificada, aquellas áreas deberán ser de la misma clasificación como si el muro o división no existiera.
Cargando a través de domos cerrados con ventilación atmosférica.	1	El área dentro de los 0.90 m (3 ft) del extremo abierto de la ventila, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El Área dentro de los 0.9 m (3 ft) y 4.57 m (15 ft) desde el extremo abierto de la ventila, extendiéndose en todas direcciones. También dentro de los 0.9m (3 ft) de la parte del domo, extendiéndose en todas direcciones.

1 EN LA EXTENSION DEL AREA CLASIFICADA, SE DEBERA TOMAR EN CUENTA LA CONSIDERACION DE QUE EL CARRO TANQUE O AUTO TANQUE PUEDE SER ALIMENTADO EN VARIOS PUNTOS, DEPENDIENDO DE LA LOCALIZACION DEL CARRO O AUTO TANQUE; POR LO CUAL, LAS POSICIONES DE LAS CONEXIONES DE CARGA Y DESCARGA SERAN IDENTIFICADAS.

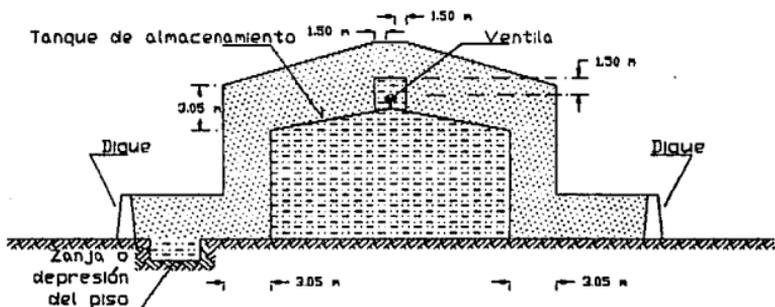
TABLA B.2 CLASIFICACION ELECTRICA DE AREAS (continuación)

LOCALIZACION	N E C CLASE I DIVISION	EXTENSION DEL AREA CLASIFICADA
Cargando a través de domos cerrados con control de vapor.	2	El área dentro de los 0.9 m (3 ft) del punto de conexión tanto de las líneas de llenado y vapor, extendiéndose en todas direcciones.
Cargando en la base con control de vapor y cualquier descarga por la misma base.	2	El área dentro de los 0.9 m (3 ft) del punto de las conexiones, extendiéndose en todas direcciones. También a una altura de 46 cm (18 in) arriba del nivel de piso dentro de un radio horizontal de 3.05 m (10 ft) a partir del punto de las conexiones.
Garage de almacenamiento y de reparación de vehículos tanque.	1	Todos los fosos o espacios por debajo del nivel de piso.
	1	El área a una altura de 46 cm (18 ft) por arriba del nivel de piso del total garage de almacenamiento o reparación.
Otros garages diferentes al de los vehículos tanque.	Ordinario.	Si existe cualquier abertura en estas áreas dentro de la extensión de una área clasificada exterior, el área completa deberá ser clasificada del mismo tipo del área clasificada que el punto de la abertura.
Almacenamiento de tambores en exteriores.	Ordinario.	-----
Interiores de bodegas donde no exista transferencia de líquido inflamable.	Ordinario.	Si existe cualquier abertura en estas áreas dentro de la extensión de una área interior clasificada, el área deberá ser clasificada de la misma manera como si el muro o división no existiera



 Area Clase I División 1.

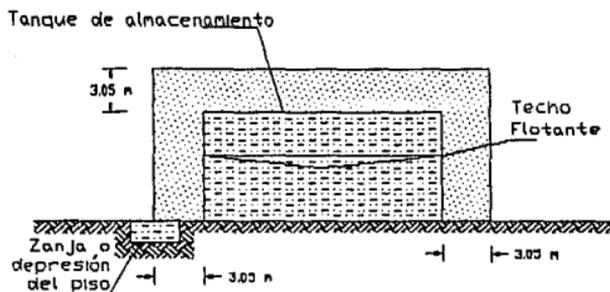
Figura 6.3 Area peligrosa en tanques de almacenamiento de techo fijo, donde $H > L$ y $L >$ del 50% del perímetro del tanque.



 Area Clase I División 1.

 Area Clase I División 2.

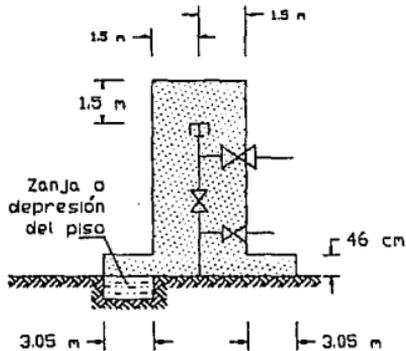
Figura 6.4 Area peligrosa en tanques de almacenamiento de techo fijo.



 Area Clase I División 1.

 Area Clase I División 2.

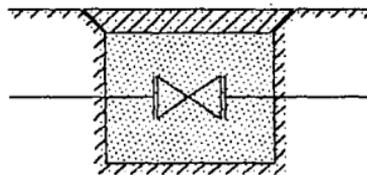
Figura 6.5 Areas peligrosas en tanques de almacenamiento de techo flotante.



 Area Clase I División 1.

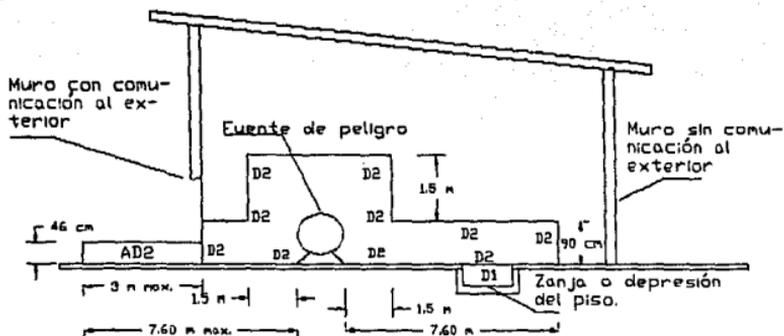
 Area Clase I División 2.

Figura 6.6 Areas peligrosas en conexiones de llenado en tanques subterráneos.



 Area Clase I División 2.

Figura 6.7 Areas peligrosas en registros conteniendo válvulas o accesorios.

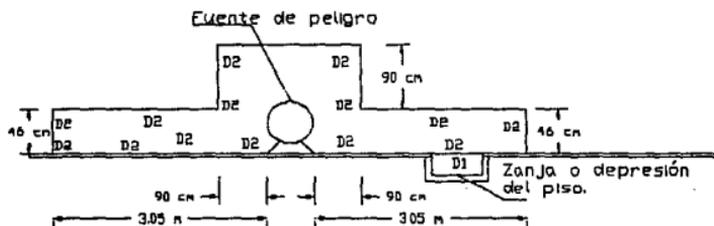


D1 Área Clase I División 1.

D2 Área Clase I División 2.

AD2 Área Adicional de la Clase I división 2, sólo en sitios donde pueden ocurrir liberaciones apreciables de líquidos inflamables

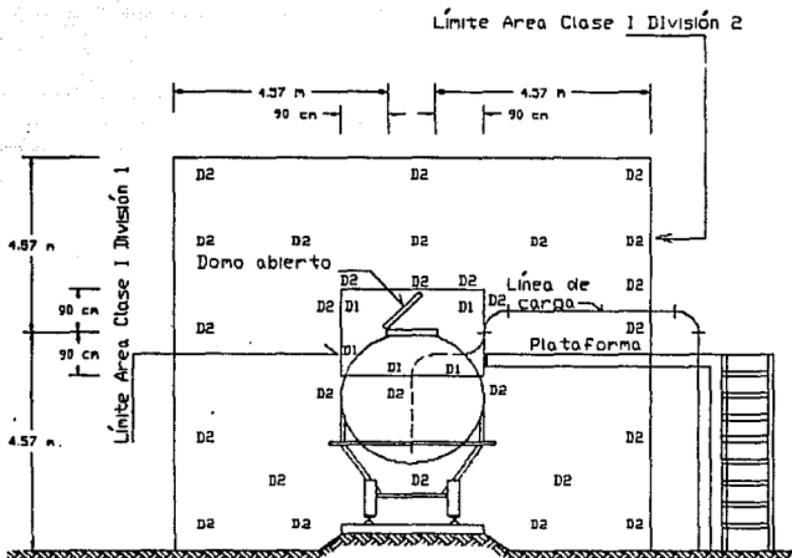
Figura 6.8 Áreas peligrosas en las bombas, válvulas de escape o purgas, medidores y dispositivos similares en interiores.

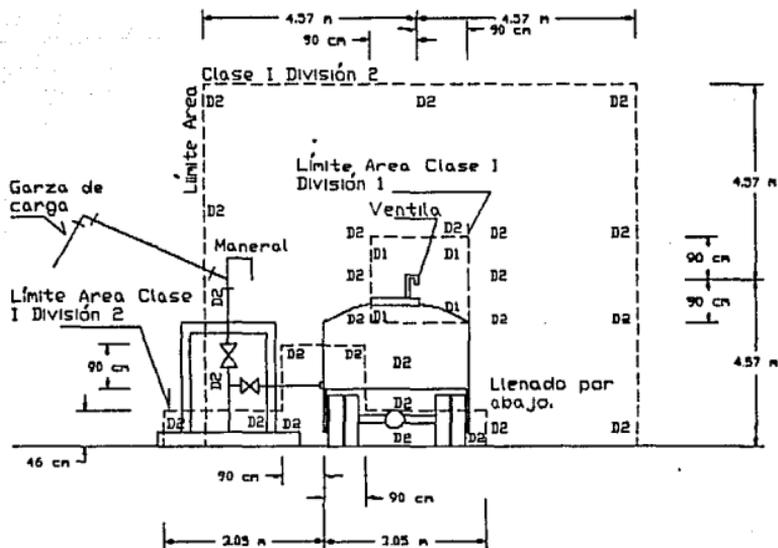


D1 Área Clase I División 1.

D2 Área Clase I División 2.

Figura 6.9 Áreas peligrosas en las bombas, válvulas de escape o purgas, medidores y dispositivos similares en exteriores.





D1 Area Clase I División 1.

D2 Area Clase I División 2.

Figura 6.11 Áreas peligrosas en autos tanque cargando a través de conexiones en la base con ventilación atmosférica.

minimizando la cantidad liberada en el evento de una fuga accidental.

Donde el espacio de vapor del equipo esté usualmente dentro del rango inflamable, la probabilidad de daño por explosión al equipo puede ser limitado por inerción, proporcionando un sistema de supresión de explosión, o diseñando el equipo para resistir la presión máxima de explosión que puede ser generada [13][14].

Operaciones de carga y descarga

Vehículos tanque y carros tanque

Las instalaciones de carga y descarga de vehículos tanque y carros tanque deberán quedar separadas de los tanques superficiales, bodegas, u otras construcciones de la planta, o a la línea más cercana de la propiedad adyacente que pueda ser construida en una distancia de por lo menos 7.62 m (25 ft) para líquidos Clase I y por lo menos 4.57 m (15 ft) para líquidos Clase II y líquidos Clase III, medidos desde la más cercana boquilla de llenado o (líquido o vapor) conexión de transferencia. Estas distancias pueden ser reducidas si es utilizado un sistema fijo de protección contra incendio, diques, barreras clasificadas-contra incendio, o una combinación de cualquiera de éstos. Los edificios para bombas o refugios para personal pueden ser una parte de la instalación.

Protección estática. La instalaciones de puentes eléctricos para protección contra chispas estáticas durante la carga de vehículos tanque a través de domos abiertos deberán ser proporcionadas en:

- (a) Donde líquidos Clase I sean cargados, o
- (b) Donde líquidos Clase II o Clase III sean cargados hacia vehículos que puedan contener vapores de cargas anteriores de líquidos Clase I.

La protección como es requerida en el punto anterior deberá consistir de un puente de alambre metálico conectado eléctricamente de manera permanente a la boquilla de llenado o alguna parte estructural metálica en contacto eléctrico con la boquilla de llenado. El extremo libre del alambre metálico, deberá ser provisto con una grapa o dispositivo equivalente, para un adecuado anclaje a alguna parte metálica en continuidad eléctrica con la carga del tanque. Tales conexiones metálicas deberán hacerse al vehículo o tanque antes de que la cubierta del domo sea levantada y permanecerá en su lugar hasta que sea llenado completamente y la cubierta del domo haya sido cerrada y asegurada.

Existen algunas excepciones para las conexiones de continuidad eléctrica; éstas no se requieren en los siguientes casos:

- a) Donde los vehículos sean cargados exclusivamente con productos que no tengan tendencia a acumular carga estática, tales como asfaltos; incluyendo asfaltos rebajados, la mayoría de petróleos crudos, y líquidos solubles al agua.
- b) Donde no sean manejados líquidos Clase I en la instalación de carga y los vehículos tanque son cargados exclusivamente con líquidos Clase II y Clase III.
- c) Donde los vehículos son cargados o descargados a través de conexiones de fondo-cerradas o de techo, aunque la manguera o tubería sea conductora o no-conductora.

El llenado a través de domos abiertos hacia tanques o vehículos tanque o carros tanque que contengan mezclas vapor-aire dentro del rango inflamable, o donde el líquido que está siendo llenado pueda formar tal mezcla, deberá ser por medio del tubo de bajada que se extienda cerca del fondo del tanque. Esta precaución no es requerida cuando los líquidos cargados no son acumuladores de carga estática [18].

Corrientes desviadas o dispersas. Para protección contra las corrientes dispersas, las instalaciones de los carros tanques donde sean cargados o descargados líquidos combustibles e inflamables a través de domos abiertos, deberán ser protegidos de manera permanente por medio de conexiones metálicas eléctricas de la tubería de llenado por lo menos a un riel y a la estructura de la carga del tanque, si es metálica. El múltiple de tuberías entrando al área de carga del tanque deberán estar de manera permanente conectadas eléctricamente. En adición, en las áreas donde excesiva corriente dispersa es conocido que exista, todas las tuberías entrando al área de carga deberán proveerse con secciones de aislamiento para separar eléctricamente la tubería de carga de la línea principal. Estas precauciones no son necesarias donde sean manejados exclusivamente líquidos Clase II o Clase III y no exista probabilidad de que los carros tanque contendrán vapores de cargas previas de líquidos Clase I.

Las corrientes dispersas pueden resultar donde existe defecto de la instalación eléctrica en el área de las instalaciones de carga y descarga. Si el defecto puede ser identificado, éste deberá ser corregido. La conexión eléctrica permanente de riel-tubería de carga (o descarga) siempre deberá ser provista. Si las corrientes dispersas no pueden ser controladas, la mejor práctica es aislar eléctricamente la tubería en la zona de carga de las líneas de suministro y conectar la tubería al riel adyacente a la tubería de carga. La conexión temporal durante las operaciones de carga y descarga es probable que sea inadecuada, y no deberá ser empleada de esta manera.

El equipo tal como tuberías, bombas, y medidores usados para la transferencia de líquidos Clase I, entre los tanques de almacenamiento y las boquillas de llenado de la tubería de carga, no deberán ser usados para la transferencia de líquidos Clase II o Clase III. Esto no es necesario cuando se manejen líquidos mezclados con agua donde la clasificación es determinada por la concentración del líquido en el agua. Tampoco es necesario donde el equipo es limpiado entre cada transferencia.

Las bombas remotas localizadas en tanques enterrados deberán tener un dispositivo listado detector--de fugas instalado en el lado de la descarga de la bomba que indicará si el sistema de tubería no es esencialmente a prueba de líquido. Este dispositivo deberá ser verificado y probado al menos anualmente de acuerdo a las especificaciones del fabricante para asegurar la instalación y operación adecuada.

Cuando se cargue por el techo a un vehículo tanque con líquidos Clase I o Clase II sin un sistema de control de vapor, las válvulas usadas para el control final del flujo deberán ser del tipo cierre-seguro y deberán ser abiertas manualmente, excepto donde los medios automáticos sean proporcionados para el corte del flujo cuando el vehículo esté lleno. Los sistemas de corte automático deberán ser provistos con una válvula de corte manual localizada a una distancia segura de la boquilla de carga, para parar el flujo si el sistema automático llegara a fallar.

Cuando sea cargado por el fondo un vehículo tanque con o sin control de vapor, un medio positivo deberá ser proporcionado para cargar una predeterminada cantidad de líquido, tanto con un control secundario automático de corte para prevenir el sobrellenado. Los componentes de conexión entre la tubería de carga y el vehículo tanque requerido para operar el control secundario deberá ser funcionalmente compatible. Las conexiones entre la manguera de carga del líquido o tubería y la tubería del camión deberá ser por medio de un cople para desconectar en seco.

Cuando sea cargado por el fondo un vehículo tanque que es equipado para control de vapor, pero cuando el control de vapor no es usado, el tanque deberá ser ventilado a la atmósfera, a un altura no menor del tope máximo del tanque de carga del vehículo, para prevenir la presurización del tanque. Las conexiones a la planta del sistema de control de vapor deberá ser diseñado para prevenir el escape de vapor a la atmósfera cuando no esté conectado a un vehículo tanque.

6.4 PREVENCIÓN Y CONTROL DEL INCENDIO

Generalidades

Cada instalación es única en varios aspectos y requerirán criterio, por una parte, del operador de la instalación y la autoridad que tenga jurisdicción con relación a la adecuada aplicación de los Códigos para el tipo de instalación y el adecuado diseño del sistema de protección contra incendio.

El amplio rango del tamaño, diseño y localización de las instalaciones de proceso de líquidos impiden la inclusión de sistemas detallados de prevención y control de incendios y métodos aplicables a todas estas instalaciones. La autoridad que tenga jurisdicción puede ser consultada sobre casos específicos, donde sea aplicable; por otro lado, el criterio de ingenieros calificados deberá ser considerado.

La extensión de la prevención y control de incendio para instalaciones de procesamiento de líquido deberá ser determinado por una evaluación ingenieril de la operación, siguiendo la aplicación y criterios de la protección contra incendios y los principios de ingeniería de procesos. La evaluación deberá incluir, pero no está limitado a:

- 1) Análisis de los peligros de incendio y explosión de las operaciones de los líquidos.
- 2) Análisis de materiales peligrosos, productos químicos peligrosos, reacciones peligrosas en las operaciones y la seguridad tomada para el control de tales materiales, productos químicos, o reacciones.
- 3) Análisis del diseño de la instalación.
- 4) Análisis del manejo, transferencia, y uso del líquido.
- 5) Análisis de las condiciones locales; tales como, exposición a la propiedad adyacente, a la propiedad de la instalación, potencial de avenidas, o potencial sísmico.

El Consideraciones del departamento de bomberos y respuesta de ayuda mutua.

Otros factores a ser considerados son la exposición ambiental, posible necesidad de evacuación de áreas aledañas, procedimientos seguros de interrupción, y aislamiento de cada operación del resto de las instalaciones.

Control de fuentes de ignición.

Se deberán tomar precauciones para prevenir la ignición de vapores inflamables. Las fuentes de ignición incluyen, pero no están limitadas a:

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| a) Flamas abiertas | g) Ignición espontánea |
| b) Relámpagos | h) Calor friccionante o chispas |
| c) Superficies calientes | i) Electricidad estática |
| d) Calor radiante | j) Chispas eléctricas |
| e) Fumadores | k) Corrientes dispersas |
| f) Operación de soldado y corte | l) Hornos y equipo de calentamiento |

Electricidad estática

Todos lo equipos tales como tanques, maquinaria y tubería donde una mezcla ignicible pueda estar presente deberá estar conectada a tierra física.

Inspección y mantenimiento.

Todo el equipo de protección contra incendio deberá tener adecuado mantenimiento y las pruebas e inspecciones periódicas deberán realizarse de acuerdo con las prácticas de las normas y con las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.

Las prácticas de mantenimiento y operación deberán controlar las fugas y evitarán el derrame de líquidos inflamables.

Los materiales de desecho combustibles y residuos en las operaciones deberán mantenerse al mínimo, almacenadas en recipientes metálicos cubiertos, y dispuestos diariamente.

Las áreas de tierras alrededor de las instalaciones donde los líquidos sean almacenados, manejados, o usados deberán mantenerse libre de maleza, basura, u otros materiales combustibles innecesarios.

Los pasillos establecidos para movimiento del personal deberán ser mantenidos libres de obstrucciones para permitir la evacuación ordenada y acceso rápido para las actividades o maniobras de protección contra incendio.

Entrenamiento y Planeación de la Emergencia

Un plan de acción de emergencia, consistente con el equipo y personal disponible, deberá ser establecido para responder al incendio y otras emergencias. Este plan deberá incluir lo siguiente:

- a) Procedimientos para ser usados en caso de incendio, tales como el sonar de la alarma, aviso al departamento de bomberos, evacuación del personal, y control y extinción del incendio.
- b) Nombrar y entrenar al personal para llevar a cabo las actividades de seguridad contra incendio.
- c) Mantenimiento del equipo de protección contra incendio.
- d) Realización de simulacros de incendio.
- e) Corte o separación del equipo para reducir el escape de líquido.
- f) Medidas alternativas para la seguridad de los ocupantes mientras cualquier equipo de protección contra incendio está fuera de operación.

El personal responsable del uso y operación del equipo de protección contra incendio deberá ser entrenado en tales actividades. Siendo primordial que este entrenamiento sea conducido por lo menos anualmente.

En la Planeación de las medidas de control contra incendio es primordial la coordinación con las oficinas locales responsables de emergencias.

Los procedimientos de emergencia deberán permanecer fácilmente accesibles en un área de operación y regularmente actualizados.

En las áreas que sea probable no sean asistidas por períodos considerables de tiempo, un resumen del plan de emergencia deberá ser ubicado en un lugar estratégico y accesible.

Detección y Alarma

Deberán proveerse los mecanismos o medios aprobados para una rápida notificación del incendio o emergencia para aquellos dentro de la planta y para el público disponible o ayuda mutua del departamento de bomberos.

Aquellas áreas, incluyendo edificios, donde existe un potencial de derrame de líquidos inflamables, deberá ser monitoreado adecuadamente. Algunos métodos pueden incluir:

- a) Personal o patrulla de vigilancia.
- b) Equipo de monitoreo del proceso, el cual indicaría una fuga o derrame que pudiera ocurrir.
- c) Previsiones de detectores de gas que sean continuamente monitoreados donde tales áreas de la instalación no son asistidas.

CAPITULO SIETE CONCLUSIONES

Cuando se tiene la responsabilidad de diseñar o revisar un Area de Almacenamiento de Líquidos Combustibles o Inflamables, se debe contemplar una gran variedad de aspectos importantes para este tipo de proyectos; estos pueden ser desde el punto de vista estructural, higiene y seguridad, ambiental, operacional y funcional, entre otros. Los aspectos tratados en este trabajo son básicamente los que se refieren a la seguridad, tanto de la misma área de almacenamiento como de la propiedad aledaña a ésta, también se trataron los aspectos básicos desde el punto de vista operacional y funcional.

Como primer paso en el diseño o revisión de este tipo de instalaciones, se debe conocer la finalidad del proyecto; así por ejemplo, si se refiere a un Area de Almacenamiento de Líquidos Combustibles utilizados para las aeronaves en un aeropuerto, es importante tomar en cuenta las especificaciones de su localización con relación al paño de rodaje, plataforma, edificios...., señaladas por la Dirección General de Aeronáutica Civil. Para la localización de esta misma área en los Puertos Mexicanos, debe de tomarse en cuenta la planeación general de las estructuras del puerto y disponibilidad del terreno. En los dos casos anteriores es recomendable su localización lo más cercana posible a los puntos de suministro a las naves.

El siguiente paso es conocer el tipo o tipos de combustibles que van a ser empleados para proceder a clasificarlos; para esto, podemos auxiliarnos de la información disponible de Petróleos Mexicanos o las normas N.F.P.A..

En función de la clase de combustible, el volumen por almacenar, las etapas de crecimiento y el plan de operación, se define el o los tipos de tanques y el número de ellos.

La Clase de líquidos y el tipo de tanques para su almacenamiento definen los posibles métodos de protección contra incendio; esto, con el tipo de alivio de presión de emergencia proporcionado a los tanques, son las características más importantes en la determinación de la localización e instalación de los tanques superficiales.

Un aspecto sumamente importante para el control de derrames de tanques superficiales, que no deben ser excluidos en todo proyecto, es el método del embalsamiento remoto y el método del embalsamiento alrededor de los tanques por medio de un dique de contención; aunque el primero es el más recomendado, el que más se utiliza comunmente es el segundo, éste tiene la desventaja de que en caso de una fuga o derrame e ignición del mismo, el incendio envuelve por completo el tanque o tanques dentro del dique.

En la prevención de incendios es muy importante el control de las fuentes de peligro, debiéndose tomar precauciones para prevenir la ignición de los vapores inflamables. Para lo cual es esencial definir la extensión del área peligrosa para instalación de equipo eléctrico, debiéndose hacer de acuerdo a lo recomendado por las normas para clasificación de áreas peligrosas de Petróleos Mexicanos o la norma NFPA 70, National Electric Code.

Así también, cabe mencionar que para la aplicación de criterios de diseño para las instalaciones a las que se refiere este trabajo, se tiene disponible una gran variedad de normas, dentro de ellas tenemos las de Petróleos Mexicanos, N.F.P.A., A.P.I., A.S.T.M., A.S.M.E., U.L., entre otras. Sin embargo, para la aplicación de ellas se debe considerar la información más reciente; además, cabe aclarar que dentro de la aplicación de las normas de Petróleos Mexicanos, debido a su gran variedad, puede existir alguna discrepancia sobre temas similares, propiciando que el ingeniero proyectista lleve a cabo lo que la Gerencia Operativa le determine y en algunos casos, aplique según su criterio, lo más adecuado al proyecto. Esto ha dado lugar a que existan criterios de diseño heterogéneo en los proyectos de este tipo de instalaciones,

para lo cual Petróleos Mexicanos se ha avocado a tomar en cuenta estos aspectos y a definirlos en normas actualizadas, tal es el caso de la referencia [65], que hasta ahora es lo más actualizado por esta institución para el Diseño de Areas de Almacenamiento, para Tanques Atmosféricos Verticales.

Cabe hacer notar que dentro de la información disponible para la elaboración de este tipo de proyectos, así como para la selección de los equipos, en su mayoría son de procedencia extranjera, que manejan el sistema inglés de unidades; por otra parte, ahora con el tratado de libre comercio, donde se ha de compaginar la interrelación comercial de varios países, será importante tener presente este aspecto; es por ello, que en el presente trabajo, se han empleado con frecuencia los dos sistemas de medición en forma paralela, de tal manera que en su mayoría las cantidades son expresadas en los dos sistemas señalados, intentando su familiarización.

Como una participación en el campo de aplicación sobre la elaboración o revisión de proyectos de esta índole, es importante señalar algunas observaciones que no deben pasarse por alto, y que podrían mejorar su adecuada definición, dentro de esto se puede describir lo siguiente:

En algunas ocasiones las normas o especificaciones son lo suficientemente explícitas en sus indicaciones; así, recomiendan en los sistemas de protección contra incendio, que cuando los equipos de bombeo vayan a trabajar bajo succión negativa, estos sean con bombas centrífugas verticales tipo turbina; siendo en algunos casos ignoradas estas recomendaciones, y el sistema es resuelto con bombas centrífugas horizontales. Cuando esto ocurre, en el peor de los casos, debe cambiarse el equipo de bombeo por uno del tipo vertical; en el mejor de los casos, es factible aprovechar el equipo propuesto; sin embargo, debe hacerse una adecuación al sistema, proponiendo un equipo para que llene automáticamente la columna de succión, en caso de que por condiciones fortuitas llegara a vaciarse. El equipo puede ser una pequeña bomba

centrífuga horizontal que tome su alimentación con carga positiva a partir de un pequeño depósito.

Otro aspecto que en ocasiones también es omitido, es la bomba jockey, la cual es utilizada para el control automático del sistema contra incendio, manteniéndolo presurizado. Tal equipo es imprescindible para este tipo de instalaciones, debido a que los equipos principales, de acuerdo a las condiciones de gasto y carga, requieren de unidades motrices en promedio de los 100 HP, y que un uso intermitente de éstos, debido a posibles fugas, generarían su rápido deterioro.

En las especificaciones del control automático es importante señalar las presiones de paro y arranque de los equipos de bombeo, aquellas deberán ser seleccionadas tomando en cuenta las curvas características de operación de cada bomba en particular, proponiendo que la presión mantenida del sistema sea un poco mayor al de las bombas principales, por medio de la bomba jockey (definido en el capítulo cinco).

Los problemas de sobrediseño de los equipos de bombeo para protección contra incendio, generalmente están basados en la consideración del funcionamiento simultáneo de todas las salidas de hidrantes y monitores instalados; sin embargo, cabe señalarse que las especificaciones respectivas indican como mínimo la operación simultánea de las dos salidas más desfavorables o más alejadas; este es un criterio mínimo, pero la evaluación específica debe ser tratada con la aplicación de cada caso en particular, de acuerdo al arreglo de los tanques de almacenamiento y las condiciones de existencia o ausencia de los diques de contención que albergarán a uno o más de los tanques.

A manera de recomendación general, cuando sea solicitada información acerca de las características de los equipos o materiales para una determinada aplicación, será importante incluir dentro de los datos proporcionados el tipo de líquido que va a ser manejado, debido a que éste determinará la clase de material o

recubrimiento que deberán contar tales materiales o equipo, lo que repercutirá en el aspecto económico y funcional del sistema.

Las especificaciones para el uso de una diversidad de materiales para la construcción e instalación de los diferentes sistemas de tuberías o tanques es bastante amplia, sin embargo, el material comunmente empleado para la construcción de los tanques es el acero. Así también para las tuberías; aunque éstas, pueden ser de materiales diferentes, como por ejemplo de P.V.C., su uso será recomendado sólo en aquellos casos en que su instalación sea enterrada, y que por condiciones de las características del fluido a manejar lo justifique.

REFERENCIAS

- [1]. Norma NFPA 11, Standard for Low Expansion Foam and Combined Agent Systems, NFPA, Quincy, MA, 1976.
- [2]. Norma NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems, NFPA, Quincy, MA, 1976.
- [3]. Norma NFPA 15, Standard for Water Spray Fixed System for Fire Protection, NFPA, Quincy, MA, 1985.
- [4]. Norma NFPA 20, Standard for the Installation of Centrifugal Fire Pumps, NFPA, Quincy, MA, 1978.
- [5]. Norma NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code, NFPA, Quincy, MA, 1987.
- [6]. Norma NFPA 31, Standard for the Installation of Oil Burning Equipment, NFPA, Quincy, MA.
- [7]. Norma NFPA 33, Standard for Spray Application Using Flammable and Combustible Materials, NFPA, Quincy, MA, 1985.
- [8]. Norma NFPA 37, Standard for the Installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas Turbines, NFPA, Quincy, MA, 1975.
- [9]. Norma NFPA 49, Hazardous Chemical Data, NFPA, Quincy, MA, 1975.
- [10]. Norma NFPA 50B, Standard for Liquefied Hydrogen System at Consumer Sites, Quincy, MA, 1985.
- [11]. Norma NFPA 54, National Fuel Gas Code, NFPA, Quincy, MA, 1974.
- [12]. Norma NFPA 58, Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases, NFPA, Quincy, MA, 1988.
- [13]. Norma NFPA 68, Guide for Explosion Venting, NFPA, Quincy, MA, 1986.
- [14]. Norma NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems, NFPA, Quincy, MA, 1986.
- [15]. Norma NFPA 70, National Electrical Code, NFPA, Quincy, MA, 1987.
- [16]. Norma NFPA 77, Recommended Practice on Static Electricity, NFPA, Quincy, MA, 1983.
- [17]. Norma NFPA 90A, Standard for the Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems, NFPA, Quincy, MA, 1985.

- [18]. Norma NFPA 91, Standard for the Installation of Blower and Exhaust Systems for Dust, Stock, and Vapor Removal or Conveying, NFPA, Quincy, MA, 1983.
- [19]. Norma NFPA 101, Life Safety Code, NFPA, Quincy, MA, 1985.
- [20]. Norma NFPA 204M, Guide for Smoke and Heat Venting, NFPA, Quincy, MA, 1985.
- [21]. Norma NFPA 220, Standard Types of Building Construction, NFPA, Quincy, MA, 1985.
- [22]. Norma NFPA 321, Standard on Basic Classification of Flammable and Combustible Liquids, NFPA, Quincy, MA, 1987.
- [23]. Norma NFPA 329, Recommended Practice for Handling Underground Leakage of Flammable and Combustible Liquids, NFPA, Quincy, MA, 1987.
- [24]. Norma NFPA 385, Standard for Tanks Vehicles for Flammable and Combustible Liquids, NFPA, Quincy, MA, 1985.
- [25]. Norma NFPA 491M, Manual of Hazardous Chemical Reactions, NFPA, Quincy, MA, 1986.
- [26]. Norma NFPA 496, Standard for Purged and Pressurized Enclosures for Electrical Equipment, NFPA, Quincy, MA, 1986.
- [27]. Norma NFPA 704, Standard System for the Identification of the Fire Hazards of Materials, NFPA, Quincy, MA.
- [28]. Código NFPA, Fire Protection Handbook, 16th ed., NFPA, Quincy, MA, 1986.
- [29]. FMEC, 1983, Loss Prevention Data 3-251, May 1983, Break Tanks, Factory Mutual Engineering Corp. Norwood, MA.
- [30]. Section II, Foam Concentrates, National Foam, Rev. 4-86.
- [31]. Section VI, Flammable Liquid Storage Tank Protection, National Foam, Rev. 4-86.
- [32]. Norma API 12B, Bolted Tanks for Storage of Production Liquids, 12th ed., American Petroleum Institute, Washington, DC, January 1977.
- [33]. Norma API 12D, Field Welded Tanks for Storage of Production Liquids, 8th ed., American Petroleum Institute, Washington, DC, January 1982.
- [34]. Norma API 12F, Shop Welded Tanks for Storage of Production Liquids, 7th ed., American Petroleum Institute, Washington, DC, January 1982.

- [35]. Norma API 620, Recommended Rules for the Design and Construction of Large, Low-Pressure Storage Tanks, 7th ed., American Petroleum Institute, Washington, DC, 1982.
- [36]. Norma API 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage, 6th ed., American Petroleum Institute, Washington, DC, 1980.
- [37]. Norma API 2000, Venting Atmospheric and Low Pressure Storage Tanks, 3th ed., American Petroleum Institute, Washington, DC, 1982.
- [38]. Norma API 2003, Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents, American Petroleum Institute, Washington, DC, March 1982.
- [39]. Norma API Petroleum Safety Data Sheet 2216, Ignition Risk of Hot Surfaces in Open Air, American Petroleum Institute, Washington, DC, 1980.
- [40]. Norma API 2350, Overfill Protection for Petroleum Storage Tanks, American Petroleum Institute, Washington, DC, March 1987.
- [41]. Código ANSI B31, American National Standard Code for Pressure Piping, American National Standards Institute, New York, 1984.
- [42]. Código ANSI B31.3, Petroleum Refinery Piping, American National Standards Institute, New York, 1980.
- [43]. Código ANSI B31.4, Liquid Petroleum Transportation Piping System, American National Standards Institute, New York, 1979.
- [44]. Norma ASTM A 395-80, Ferritic Ductile Iron Pressure Retaining Casting for Use at Elevated Temperatures, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1980.
- [45]. Norma ASTM D 5-86, Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1986.
- [46]. Norma ASTM D 56-82, Standard Method of Flash Point by the Tag Closed Tester, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1982.
- [47]. Norma ASTM D 86-82, Standard Method of Test for Distillation of Petroleum Products, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1982.

- [48]. Norma ASTM D 93-80. Standard Method of Test for Flash Point by the Pensky Martens Closed Tester, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1980.
- [49]. Norma ASTM D 3278-82, Standard Method of Tests for Flash Point of Liquids by Setaflash Closed Tester, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1982.
- [50]. Norma ASTM D 3828-79, Standard Test Methods for Flash Point of Liquids by Setaflash Closed Tester, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1979.
- [51]. Norma ASTM D 3828-81, Standard Method of Tests for Flash Point of Petroleum and Petroleum Products by Setaflash Closed Tester, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1981.
- [52]. Norma ASTM D 4021-81, Standard Specification for Glass-Fiber Reinforced Polyester Underground Petroleum Storage Tanks, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1981.
- [53]. Código ASME, American Society of Mechanical Engineers, ASME Boiler and Pressure Vessels Code, Code for Unfired Pressure Vessels, Section VIII, Division I, New York, 1980.
- [54]. Pressure-Relieving System for Marine Cargo Bulk Liquid Containers, National Academy Of Sciences, Office of Publications, Washington, DC, 1973.
- [55]. Norma UL 58, Standard for Steel Underground Tanks for Flammable and Combustible Liquids, Underwriters Laboratories Inc., Northbrook, IL, 1980.
- [56]. Norma UL 80, Standard for Steel Inside Tanks for Oil Burner Fuel, Underwriters Laboratories Inc., Northbrook, IL, 1980.
- [57]. Norma UL 142, Standard for Steel Aboveground Tanks for Flammable and Combustible Liquids, Underwriters Laboratories Inc., Northbrook, IL, 1981.
- [58]. Norma UL 1316, Standard for Glass-Fiber Reinforced Plastics Underground Storage Tanks for Petroleum Products, Underwriters Laboratories Inc., Northbrook, IL, 1983.
- [59]. Richard W, Greene. Válvulas, uso, selección, y mantenimiento; McGraw Hill/Interamericana de México, Mayo 1989.

- [60]. Norma 2.341.01. Diseño de Tanques Atmosféricos, 1a ed., PEMEX, 1979.
- [61]. Norma 2.341.02. Requisitos de Adquisición de Recipientes Atmosféricos, 1a ed., PEMEX, 1973.
- [62]. Norma 2.431.01. Sistemas para Agua de Servicio Contra Incendio, 3a ed., PEMEX, 1986.
- [63]. Norma 2.607.21. Redes de Agua para Servicio Contra Incendio, PEMEX, 1976.
- [64]. Norma 3.341.01. Construcción de Tanques Atmosféricos, 1a ed., PEMEX, 1979.
- [65]. Norma CR-E-05, Criterio Normativo de Diseño de Areas de Almacenamiento, Tanques Atmosféricos Verticales, 1a ed., PEMEX, 1987.
- [66]. Norma K-101. Sistema de Tuberías de Proceso, Servicios Auxiliares e Integración, PEMEX, Abril 1986.
- [67]. GARCIA, C.-OSEGUERA H. Apuntes de Seguridad Industrial (Aplicada a la ingeniería Petrolera), Facultad de Ingeniería, UNAM, Octubre 1983.