



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO
A BASE DE INYECCIÓN SUBSUPERFICIAL DE
ESPUMA PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO."

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO PETROLERO
P R E S E N T A :
ARTURO RUIZ VARGAS

DIRECTOR DE TESIS ING. RAMÓN DOMÍNGUEZ BETANCOURT.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MAYO DE 2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA 11
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-048

SR. ARTURO RUIZ VARGAS
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Ramón Domínguez Betancourt y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

**DISEÑO DE PROTECCION CONTRA INCENDIO A BASE DE INYECCION
SUBSUPERFICIAL DE ESPUMA PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO A
PRESION ATMOSFERICA**

- I INTRODUCCION
- II PRINCIPIO DE COMBATE DE INCENDIOS
- III TANQUES DE ALMACENAMIENTO
- IV NORMAS API PARA CONSTRUCCION DE TANQUES
- V TIPOS DE PROTECCION A TANQUES
- VI LA NORMA 11 NFPA
- VII INYECCION SUBSUPERFICIAL DE ESPUMA
- VIII EJEMPLO DE DISEÑO
- IX CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFIA

Ruego usted cumplir con la disposicion de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 26 de noviembre de 1998
EL DIRECTOR


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

JMCS*RLR*rtg

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE INGENIERÍA.

TESIS:

"DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO A BASE DE INYECCIÓN
SUBSUPERFICIAL DE ESPUMA PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO."

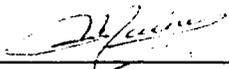
PRESENTADA POR:

RUÍZ VARGAS ARTURO.

DIRIGIDA POR:

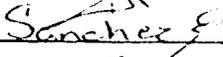
ING: RAMÓN DOMÍNGUEZ BETANCOURT.

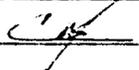
JURADO DEL EXAMEN PROFESIONAL.

PRESIDENTE: ING. SALVADOR MACIAS HERRERA. 

VOCAL: ING. RAMÓN DOMÍNGUEZ BETANCOURT. 

SECRETARIO: M en I. JOSÉ MARTÍNEZ PÉREZ. 

1er. SUPLENTE: ING. EVA SÁNCHEZ OLEA. 

2do. SUPLENTE: ING. CLAUDIA CASTRO ROMERO. 

Ciudad Universitaria, 2002.

A G R A D E C I M I E N T O S

**A MIS PADRES:
JULIO RUÍZ
ANTONIA VARGAS**

A LA MEMORIA DE USTEDES, MI MAS GRANDE AGRADECIMIENTO.

**A MIS HIJOS:
ARTURO, DANIEL Y JORGE**

**CON GRAN RESPETO Y ADMIRACIÓN POR SU EJEMPLO Y MOTIVACIÓN
DIARIA, CON QUIENES DISFRUTO PLENAMENTE CADA DÍA.**

**A MI ESPOSA:
CRISTINA.**

**MI AGRADECIMIENTO POR FORMAR PARTE DE MI VIDA, POR CREAR
EN MI ESE ESPÍRITU DE LUCHA Y CARÁCTER, CON TODO MI
CORAZÓN.**

A TODA MI FAMILIA:

POR SU AMOR Y APOYO QUE MERECE MIS AGRADECIMIENTOS.

ÍNDICE.

		Pag.
I)	INTRODUCCIÓN	
	1-1) Origen de la seguridad -----	1
	1-2) Prevención de accidentes de Trabajo. -----	4
	1-3) Administración y seguridad -----	5
	1-4) Condiciones Legales de la Seguridad -----	6
	1-5) Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene -----	9
II)	PRINCIPIOS DE COMBATE DE INCENDIOS.	
	II-1) Definiciones -----	11
	II-2) Gases -----	18
	II-3) Control del Fuego y Explosiones -----	23
III)	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
	III-1) Almacenamiento en Tanques -----	25
	III-2) Tanques de Almacenamiento Atmosféricos -----	27
	III-3) Construcción -----	29
	III-4) Tanques de Almacenamiento para Gases -----	33
	III-5) Inspección y Mantenimiento -----	37
	III-6) Sistemas de seguridad y Recuperación de Vapores -----	40
IV)	NORMA 650 API	
	IV-1) Materiales -----	42
	IV-2) Diseño de Uniones -----	44
	IV-3) Diseño de Fondos -----	48
	IV-4) Diseño de Envoltura -----	49
	IV-5) Diseño de Techos -----	58
	IV-6) Recomendaciones del subsuelo -----	64
	IV-7) Recomendaciones para conexiones de fondo -----	66
	IV-8) Requisitos adicionales para tanques que operan a temperaturas Elevadas -----	69
	IV-9) Diseño de tanques en Zonas Sísmicas -----	70
V)	TIPOS DE PROTECCIÓN A TANQUES DE ALMACENAMIENTO.	
	V-1) Método de la Cámara de Espuma -----	73
	V-2) Método del Monitor -----	77
	V-3) Método de la Boquilla de Espuma Portátil -----	78
	V-4) Método de la Cámara Múltiple -----	79
	V-5) Método o Sistema Catenary -----	81
	V-6) Diseño del Dique de Espuma -----	84
	V-7) Sistemas Fijos de Rocio de Espuma o Sistemas de Inundación Espuma-Agua -----	86

	Pag.
VI) NORMA 11 NFPA	
VI-1) Normas para Espumas de Baja Expansión -----	87
VI-2) Componentes del Sistema -----	93
VI-3) Criterio de Diseño para Sistemas -----	100
VI-4) Planes y Especificaciones -----	106
VI-5) Espumas de Mediana y Alta Expansión -----	108
VI-6) Sistemas de Inundación Total -----	111
VI-7) Norma para Aparatos Móviles de Espuma -----	113
VII) METODO DE INYECCIÓN SUBSUPERFICIAL-----	115
VIII) EJEMPLO DE DISEÑO-----	124
IX) CONCLUSIONES-----	126
Bibliografía -----	127

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El trabajador en la industria, se encuentra expuesto a riesgos mecánicos, físicos y químicos de diversa índole, frecuencia, concentración y periodicidad, como consecuencia de la misma actividad industrial, ya que ésta, requiere de una gran variedad de condiciones de operación.

Seguridad. Es una palabra que indica certeza, tranquilidad, calma, se puede hablar de varios tipos de seguridad, como por ejemplo:

- a) Social.
- b) Personal.
- c) Industrial.

Seguridad social. Es la parte de la previsión, que resuelve las formas de protección a los individuos, contra los riesgos cuya realización, les hace perder su capacidad de trabajo y de conveniencia social por lesiones o por traumas mentales.

Seguridad personal. Con respecto al trabajo, comprende el estudio y métodos de protección y trabajo de los operarios en los centros de controles.

Seguridad industrial. Es el conjunto de ciencias y técnicas, que tienen por objeto reducir la frecuencia y gravedad de los accidentes en la industria, con el fin de proteger los recursos humanos, materiales, tecnológicos y económicos de ésta. Para lograr este fin se vale de los siguientes medios:

- a) Prevención de accidentes.
- b) Higiene industrial.
- c) Prevención y combate de emergencias.
- d) Protección física.
- e) Inspección técnica.

1-1) ORIGEN DE LA SEGURIDAD.

Esta se remonta hasta la época del hombre de las cavernas, el cual ya buscaba seguridad al buscar clanes y organizaciones tribales para trabajar, cazar y protegerse en grupo.

Luego, el hombre dominó el fuego, lo cual le brindó más protección y seguridad, pero acarrió consigo nuevos riesgos. Los riesgos de quemarse se aprenden.

La agricultura y el lenguaje (comunicación), se desarrollaron sobre la base de lograr una mejor forma de cubrir sus necesidades básicas de supervivencia (seguridad).

Las civilizaciones al crear ciudades modifican los riesgos.

La especialización del trabajo y el surgimiento de las artesanías. La relación maestro-oficial-aprendiz.

El artesano trabaja con un ayudante o aprendiz, si moría o quedaba incapacitado debido a un accidente de trabajo, no despertaba gran atención, ya que del accidente solo se enteraban las personas que lo conocían. Generalmente los accidentes se debían a caídas, objetos que caían y/o quemaduras. Determinadas enfermedades profesionales eran aceptadas como parte del trabajo, como por ejemplo, el envenenamiento por mercurio de los sombreros, saturnismo o envenenamiento de los pintores, etc.

La revolución industrial, a fines del siglo XVIII y principios del XIX. La aparición de la fábrica e invención y mejoramiento de la maquinaria para que se mantuviera al ritmo de la industrialización en expansión, trajo consigo nuevos riesgos. Las máquinas se proyectaban sin tomar en cuenta la seguridad ni la comodidad de los operarios; además, estos no estaban preparados para el uso de nuevas máquinas, lo que trajo más riesgos y mayores, los accidentes se multiplicaron y las lesiones se hicieron más graves.

Capitalismo y administración moderna-sindicalismo. El sindicato obrero consciente de la seguridad industrial despliega vigorosas campañas a favor de condiciones de trabajo seguras en fábricas y talleres. Los sindicatos han establecido programas especializados de educación en materia de seguridad industrial para sus respectivos tipos de industria. Algunos sindicatos producen película cuyo tema es la seguridad industrial, y otros en colaboración con patronos han redactado Reglamentos de seguridad cuya observancia es condición precisa para la conservación del empleo.

Situación actual, ocultamiento y simulación de accidentes. El accidente es un suceso inesperado, que altera el ritmo normal de la producción. Es un hecho involuntario que se realiza por un previo acondicionamiento de factores que se consideran como causas. Los accidentes pueden ocasionar lesiones como consecuencia.

Por lo general las lesiones personales se producen únicamente como resultado de accidentes. Para eliminar las lesiones personales se tienen que eliminar los accidentes.

El accidente, que aparece como una resultante, tiene a su vez efectos que se manifiestan posteriormente a su acontecimiento. Con éstos, se forma una secuencia, desde antes del suceso del mismo, hasta después de él, los cuales son susceptibles de un análisis de causas y efectos, así, como la posibilidad de suceso del propio accidente.

Se ha dicho que el accidente es un suceso escaso, porque se mide en frecuencia de millonésimas, con base en un millón de horas-hombre laboradas, a fin de cuantificarlo en cifras enteras; que no se le puede atrapar porque, cuando se sabe de su existencia ya es, relativamente, después de su aparición; que se le da diversidad de nombres, tales como; caídas, cortaduras, incendio, etc., y que ningún accidente es igual a otro. No obstante, todo lo anterior se le debe definir, encontrar su camino y notificarlo.

El complejo sistema formado alrededor del accidente sugiere diversos atributos de este, como los siguientes:

- Es un hecho involuntario.
- Es un hecho que no se planea en el programa de actividades.
- Es un hecho que interrumpe la secuencia planeada.
- Es un hecho que trae efectos distintos a los preconcebidos.
- Es un hecho que afecta al hombre, a los bienes, a la producción y a los costos.
- Es un hecho previsible.
- Es el riesgo de realizarlo.

En la década de los 30's el ingeniero H.W. Heinrich, desarrollo una teoría sobre las causas de accidentes donde las dividía en : causas remotas, inmediatas, acto inseguro y condición peligrosa, accidente y consecuencias.

Las causas remotas lo constituyen aspectos genéricos o hereditarios.

Las causas inmediatas son la preocupación, el nivel cultural, el temperamento y problema psíquicos.

El acto inseguro se genera por la violación a los procedimientos establecidos.

Las condiciones peligrosas consisten en una condición física impropia, como por ejemplo: falta de resguardos a la maquinaria, iluminación eficiente, etc.

El accidente, es la actualización de todos los factores anteriormente mencionados.

Las consecuencias de un accidente son una posible lesión y la pérdida de productividad.

1-2) PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE TRABAJO.

No existe la menor duda de que los accidentes son costosos para la industria y para la sociedad. Hoy en día no hay excusa para intentar evitar posibles lesiones a los trabajadores.

Existe una relación entre los aspectos prácticos y morales de la prevención de accidentes, ya que estos producen por una parte, pérdidas de recursos y de fuerza de trabajo, y por otro, parte sufrimientos físicos y mentales.

La experiencia enseña que no existe prácticamente peligro alguno que no pueda ser evitado a través de medidas de seguridad.

En resumen, he aquí las razones que justifican los continuos esfuerzos en pro de la prevención de accidentes:

- 1) La innecesaria destrucción de la salud y la vida humana, constituye una acción moralmente responsable.
- 2) Quien, pudiendo evitar un accidente, deja de adoptar las medidas necesarias a tal fin, incurre en una responsabilidad moral.
- 3) Los accidentes se limitan sustancialmente a la eficiencia y la productividad.
- 4) Los accidentes producen daños de consecuencias sociales imprevisibles.
- 5) El movimiento en pro de la seguridad ha demostrado la efectividad de sus métodos de reducción de accidentes.
- 6) No se ha presentado hasta ahora elemento de juicio alguno que indique que los profesionales de seguridad se estén acercando a la cima de sus posibilidades en lo concerniente a la difusión de los valores morales y las ventajas prácticas de la prevención de accidentes.

Descubrimiento en materia de prevención de accidentes. A medida que aumenta la experiencia acumulada en relación con la prevención de accidentes, se hace patente la posibilidad de que la Ingeniería contribuya a evitar los mismos, así como de instruir a los trabajadores en la tarea de evitar riesgos y de establecer normas de seguridad, imponiendo su cumplimiento. Así, se establecieron los tres principios fundamentales de los programas de prevención de accidentes, los cuales son:

- Convencer a la dirección para que:
 - a) Corrija las condiciones inseguras que se descubran en el estudio de Ingeniería.
 - b) Instaura y sostenga un programa de seguridad industrial.
- Convencer a los sobrestantes y personal técnico para que aporten voluntariamente su colaboración.

Cumplimiento: Dentro de la instalación significa que el trabajador observe las reglas señaladas por la empresa; por lo que respecta al Estado significa inspección de la instalación y emisión de ordenes para que se corrijan violaciones a la ley.

I-3) ADMINISTRACIÓN Y SEGURIDAD.

La administración se define como la obtención de resultados con la colaboración de las personas, mediante una dirección eficaz a través de una estructura adecuada.

Busca la conciliación de los intereses legítimos de los individuos y de los grupos. En ella intervienen hombres, energía, máquinas y materiales en forma coordinada dentro de un sistema de trabajo, en el cual operan el proceso administrativo como una función de grupo, cuando se constituyen las actividades de la autoridad y de la dirección, que definen las labores y su ejecución.

Los aspectos fundamentales de la administración son los siguientes:

1) *Planeación*. Consiste en elegir las metas y objetivos, así como los procedimientos para alcanzarlos.

2) *Organización*. Es la estructura de la empresa, fija los niveles y áreas de trabajo, con sus características, sus atribuciones y responsabilidades.

3) *Integración*. Comprende el establecimiento de los factores de desarrollo de las partes del grupo, incluyendo las funciones de selección, introducción y crecimiento de dichos factores.

4) *Dirección*. Consiste en un conjunto de hechos de efectos subjetivos y efectos materiales, para crear la aceptación de procedimientos y de división de trabajo.

5) *Control*. Es la medición de resultados, y permite comparar las sucesivas relaciones, en diversas etapas, a fin de orientar las decisiones sobre el futuro.

El desarrollo práctico de la seguridad industrial se aplica a toda la metodología administrativa, comprendiendo principalmente, los aspectos de fijación de metas, distribución de funciones, dirección de actividades y control de las mismas.

La autoridad fundamental del asesor de seguridad es moral, pero en muchas ocasiones debe asumir un mando ejecutivo en forma definitiva, principalmente en las emergencias.

Luego entonces, la seguridad industrial es una parte de la administración moderna, cuya función es proteger la integridad del hombre en su trabajo y mantenerlo como activo, es una garantía para el mantenimiento de los recursos humanos y físicos de una nación y contribuye a formar el espíritu de grupo, así como a alcanzar el bienestar necesario en toda labor.

I-4) CONSIDERACIONES LEGALES DE LA SEGURIDAD.

Como ya se ha mencionado anteriormente el accidente de trabajo, es un acontecimiento repentino e involuntario que altera el orden establecido para las actividades y que puede tener consecuencias sobre el hombre, los bienes, el trabajo y los costos. Los accidentes de trabajo son previstos por la ley, y alcanzan rango constitucional, como se observa en el artículo 123 de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos.

Art. 123. Toda persona tiene derecho al trabajo digno y socialmente útil; al efecto, se promoverán la creación de empleos y la organización social para el trabajo, conforme a la ley. El congreso de la Unión, sin contravenir a las bases siguientes, deberán expedir leyes sobre el trabajo, las cuales regirán:

A) Entre los obreros, jornaleros, empleados, domésticos, artesanos y, de una manera general, todo contrato de trabajo:

Fracción XIV. Los empresarios serán responsables de los accidentes de un trabajo y de las enfermedades profesionales de los trabajadores, sufridos con motivo en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten: por lo tanto, los patrones deberán pagar la indemnización correspondiente, según que haya traído como consecuencia la muerte o simplemente incapacidad temporal o permanente para trabajar, de acuerdo con lo que las leyes determinen. Esta responsabilidad subsistirá aun en el caso de que el patrón el trabajo por medio de un intermediario.

Fracción XV. El patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y, a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de máquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como a organizar de tal manera este, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores, y del producto de la concepción, cuando se trate de mujeres embarazadas. Las leyes contendrán al efecto, las sanciones procedentes a cada caso.

B) Entre los poderes de la Unión, los Gobiernos del Distrito federal y los Territorios Federales y sus Trabajadores.

Fracción XI. La Seguridad Social se organizará conforme a las siguientes bases mínimas:

- a) Cubrirá los accidentes, enfermedades profesionales; las enfermedades no profesionales, maternidad, jubilación, invalidez, vejez y muerte.
- b) En caso de accidente o enfermedad se conservará el derecho al trabajo por el tiempo que determine la ley.

La ley federal del trabajo considera los efectos del accidente sobre el hombre, con fines legales tratándolo como un hecho realizado dentro del trabajo, así tenemos:

Art. 47. Son causas de rescisión de la relación de trabajo sin responsabilidad para el patrón:

Fracción VII. Comprometer el trabajador, por su imprudencia o descuido inexcusable, la seguridad del establecimiento o de las personas que se encuentran en él.

Fracción XII. Negarse el trabajador a adoptar las medidas preventivas, o a seguir los procedimientos indicados para evitar accidentes.

Art. 51. Son causas de rescisión de la relación de trabajo, sin responsabilidad para el trabajador:

Fracción VII. La existencia de un peligro grave para la seguridad o salud del trabajador o su familia, ya sea por carecer de condiciones higiénicas del establecimiento o porque no se cumplan las medidas preventivas de seguridad que las leyes establecen.

Fracción VIII. Comprometer el patrón, con su imprudencia o descuido inexcusables, la seguridad del establecimiento o de las personas que se encuentren en él.

Art. 132. Son obligaciones de los patrones:

Fracción XVI. Instalar, de acuerdo con los principios de seguridad e higiene, las fabricas, talleres, oficinas y demás lugares en que deben ejecutarse las labores, para prevenir riesgos de trabajo y perjuicios al trabajador, así como adoptar las medidas necesarias para evitar que los contaminantes excedan los máximos permitidos en los reglamentos e instructivos que expidan las autoridades competentes. Para estos efectos, deben modificar, en su caso, las instalaciones en los términos que señalen las propias autoridades.

Fracción XVII. Cumplir las disposiciones de seguridad e higiene que fijen las leyes y los reglamentos para prevenir los accidentes y enfermedades en los centros de trabajo y, en general, en los lugares en que deban ejecutarse las labores; y, disponer en todo tiempo de los medicamentos y materiales de curación indispensables que señalen los instructivos que se expidan, para que se presten oportuna y eficazmente los primeros auxilios; debiendo dar, desde luego, aviso a la autoridad competente de cada accidente que ocurra.

Fracción XVIII. Fijar visiblemente y difundir en los lugares donde se preste el trabajo, las disposiciones conducentes de los reglamentos e instructivos de seguridad e higiene.

Art. 134. Son obligaciones de los trabajadores:

Fracción II. Observar las medidas preventivas e higienicas que acuerden las autoridades competentes y las que indiquen los patrones para la seguridad y protección personal de los trabajadores.

Fracción VIII. Prestar auxilios en cualquier tiempo que necesiten, cuando por siniestro o riesgo inminente peligran las personas o los intereses del patrón o de sus compañeros de trabajo.

Fracción XII. Comunicar al patrón o a su representante las deficiencias que adviertan, a fin de evitar daños o perjuicios a los intereses y vidas de sus compañeros de trabajo o de los patrones.

Art. 135. Queda prohibido a los trabajadores:

Fracción I. Ejecutar cualquier acto que pueda poner en peligro su propia seguridad, la de sus compañeros de trabajo o la de la tercera persona, así como la de los establecimientos o lugares en que el trabajo se desempeñe.

Art. 422. Reglamento interior de trabajo, es el conjunto de disposiciones obligatorias para los trabajadores y patrones en el desarrollo de los trabajos en una empresa o establecimiento.

No son materia de reglamento las normas de orden técnica y administrativa que formulen directamente las empresas para la ejecución de los trabajos.

Art. 423. El reglamento contendrá:

Fracción VI. Normas para prevenir los riesgos de trabajo e instrucciones para prestar los primeros auxilios.

Fracción VII. Labores insalubres y peligrosas que no deban desempeñar los menores y la protección que deban tener las trabajadoras embarazadas.

Art. 472. Las disposiciones de este título se aplican a todas las relaciones de trabajo, incluidos los trabajos especiales, con la limitación consignada en el artículo 352.

Art. 352. No se aplican a los talleres familiares las disposiciones de esta ley, con excepción de las normas relativas a higiene y seguridad.

I-5) COMISIONES MIXTAS DE SEGURIDAD E HIGIENE.

Las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene son los organismos que establece la Ley Federal del Trabajo en sus artículos 509 y 510, para investigar las causas de los accidentes y enfermedades en los centros de trabajo, proponer medidas para prevenir y vigilar que se cumplan.

Art. 509. En cada empresa o establecimiento se organizarán las Comisiones de Seguridad e Higiene que se juzgue necesarias, compuestas por igual número de representantes de los trabajadores y del patrón para investigar las causas de los accidentes y enfermedades, proponer medidas para prevenirlos y vigilar que se cumplan.

Art. 510. Las comisiones a que se refiere el artículo 509, serán desempeñadas gratuitamente dentro de las horas de trabajo. Luego entonces, las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene son órganos legales que reflejan la responsabilidad obrero-patronal compartida. Su finalidad última es contribuir a la protección de la salud del trabajador, entendida ésta no solo como la ausencia de enfermedad, sino como el mas completo estado de bienestar físico, psíquico y social. Ahora corresponde a los trabajadores y empresarios hacer realidad estas disposiciones legales que contribuirán a disminuir los riesgos en el trabajo.

La Comisión Mixta de Seguridad e Higiene en el Trabajo, debiera integrarse en un plazo no mayor de 30 días a partir de la fecha en que inicien sus actividades los centros de trabajo, y de inmediato en donde no existan. Deberán registrarse en la Secretaría del Trabajo y Previsión Social; específicamente, en la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo, perteneciente a la misma, si el centro de trabajo se ubica en el Distrito Federal, y en la Delegación Federal del Trabajo correspondiente o a la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo, si el centro de trabajo se ubica en alguna de las entidades federativas.

Comisiones mixtas de seguridad e higiene en PEMEX. El artículo 324 de la Ley Federal del Trabajo establece la obligación de formar las Comisiones de Seguridad. En la fig. I-1 se muestra la relación de organización de seguridad industrial en PEMEX.

En PEMEX, tomando como base la disposición anterior, se ha creado, además de las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene, una Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene, cuyas funciones se señalan en la cláusula 73 del Contrato Colectivo de Trabajo; dicha comisión se integra por un representante del Sindicato y otro de la Administración, por cada una de las zonas Norte, centro y sur, en que se divide la Industria, mas uno por la rama de marina. Dicha Comisión tiene encomendada la vigilancia del funcionamiento normal de las Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene Locales.

La Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene, sesiona cuando menos una vez al mes, con el objeto de enterarse del funcionamiento de las Comisiones de los centros, formulando en su caso las recomendaciones de seguridad pertinentes, tomando acuerdos sobre asuntos que, por su importancia, lo ameriten. Además periódicamente, sus integrantes realizan recorridos por las instalaciones del sistema, inspeccionando equipo y materiales, formulando recomendaciones tendientes a mejorar las condiciones de seguridad e higiene de los centros de trabajo, pero principalmente vigilando que las comisiones locales cumplan con su cometido.

Comisión Mixta de Seguridad e Higiene Locales. Funcionan dentro del sistema petrolero. 93 Comisiones y 7 Subcomisiones de Seguridad e Higiene que por ley, tienen encomendada la investigación de los accidentes de trabajo y las medidas para prevenirlos. Su organización y funcionamiento están contenidos en el capítulo segundo del Reglamento de Medidas Preventivas de Accidentes del Trabajo. La Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene, apegándose a dichas disposiciones ha formulado, con la aprobación de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, un instructivo para estandarizar un sistema en toda la industria, de la forma en que deben trabajar las Comisiones Locales.

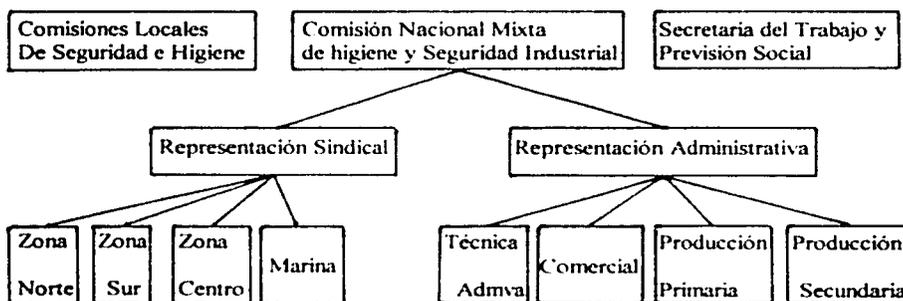


FIG. 1-1. Organización de Seguridad Industrial en PEMEX.

CAPÍTULO II

PRINCIPIOS DE COMBATE DE INCENDIOS.

Un fuego destructivo empieza como una acción descuidada e imprudente del ser humano.

Dado que las medidas de prevención no pueden eliminar totalmente la posibilidad de incendio, hay que tener en cuenta las posibilidades existentes para limitar la propagación del fuego.

Las instituciones por lo tanto deben elegir la protección contra incendios de acuerdo con los recursos que pueda dedicar a este objetivo.

La prevención contra incendios implica el control de las fuentes de inflamación y materiales combustibles que en este capítulo nos vamos a ocupar empezando con algunas definiciones y propiedades fundamentales.

El fuego es consecuencia de la luz que se produce durante las reacciones químicas denominadas de combustión.

II-1) DEFINICIONES.

Combustión. Es una reacción exotérmica autoalimentado con presencia de un combustible en cualquiera de sus fases. El proceso esta generalmente asociado con la oxidación de un combustible (agente reductor) por el oxígeno atmosférico (agente oxidante), para formar bióxido de carbono y vapor de agua con desprendimiento de luz y calor.

El proceso tiene dos maneras distintas:

- 1) Con llama visible (incluyendo las explosiones).
- 2) Sin llama (incluyendo la incandescencia).

Generalmente la combustión de una fase gaseosa se produce con llama visible. Una combustión confinada con una súbita elevación de presión constituye una explosión.

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

1.- *Vapores combustibles.*- El combustible para poder arder, se debe encontrar en forma de vapor.

2.- *Oxígeno del aire.*- Al oxígeno se le denomina comburente.

3.- *Energía* (calor).- El calor es una forma de energía y trae como efecto la elevación de la temperatura de los reactivos iniciando la reacción.



La reunión de estos tres factores siempre producirá fuego. Se le acostumbra representar por un triángulo (Fig. II-1)

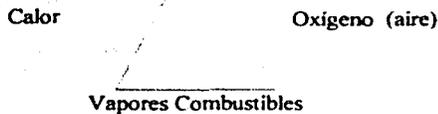


FIG. II-1. Triángulo del fuego.

Si el triángulo está incompleto no puede producirse fuego esta es la base en que se apoya la prevención de incendios, y la lucha contra los incendios consiste en romper el triángulo del fuego.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.

Ignición. Constituye el fenómeno que inicia la combustión.

Ignición provocada. Es aquella que se produce por un foco externo, al introducir una llama, una chispa o una brasa incandescente.

Ignición autoalimentada (Auto - ignición). Es aquella que no la provoca un foco externo, se produce por sí sola en situaciones capaces de mantener la combustión autoalimentada.

Temperatura de ignición o inflamación. Se define así a la temperatura mínima que necesita alcanzar una sustancia para inflamarse.

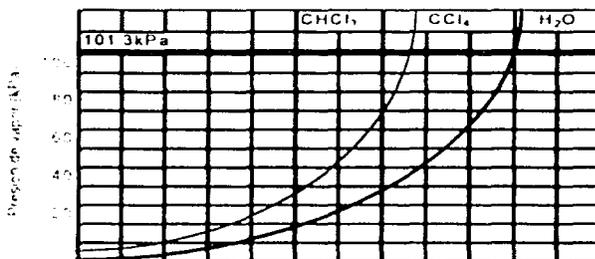
En general las temperaturas de inflamación de las mezclas gaseosas dependen de:

- a) La composición de la mezcla.
- b) Presión ambiente.
- c) Volumen de la mezcla.
- d) Forma del recipiente.
- e) Naturaleza y energía del agente que provoca la inflamación.

Temperatura de auto ignición. Es aquella a la cual la mezcla de vapores combustibles y aire se inflama sin necesidad de una fuente de ignición. En el caso de la gasolina, esta temperatura es de 257 °C y en la keroseno es de 254 °C.

Punto de inflamación. Se define así a la temperatura mas baja que necesita un liquido contenido en un recipiente abierto para emitir vapores en proporción suficiente para permitir la combustión continuada.

Punto de ebullición. Se define así a la temperatura a la cual un liquido pasa la fase de vapor, y se refiere a la presión de 14.7 lb/pg² (1atm.), ver gráfica II-1.



Gráfica II-1. El punto de ebullición de una sustancia disminuye cuando la presión atmosférica disminuye.

Punto de fusión. Se define así a la temperatura a la cual una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido.

Densidad de vapor (ρ_v) o **densidad relativa de un gas.** Se define como la relación entre el peso molecular de un gas y el peso de un volumen igual de aire seco @ a la misma Presión y Temperatura.

$$\rho_v = \frac{\text{P.M. del vapor}}{\text{P.M. Del aire}} = \frac{\text{P.M.}}{29}$$

$\rho_v=3$ significa que el vapor es 3 veces mas pesado o denso que el aire. Generalmente la ρ_v se emplea como indice o tendencia del vapor a elevarse o asentarse.

Presión de vapor. Es la presión ejercida por la fase gaseosa sobre la fase líquida. Es muy importante hacer notar que, a una temperatura dada, es una propiedad del liquido para producir vapor.

Presión de vapor de algunos líquidos a 25 °C	
Sustancia	Presión de vapor (Pa)
Mercurio (Hg.)	0.000247
Agua (H ₂ O)	3.17
Tetracloruro de Carbono (CCl ₄)	15.30
Acetona (CH ₃ COCH ₃)	30.70
Bisulfuro de Carbono (CS ₂)	48.10
Bióxido de azufre (SO ₂)	392.00

Tabla II-1. Presión de vapor de algunos líquidos a 25 °C.

Índice de evaporación. Se refiere a la velocidad con la que un líquido pasa del estado de gas a vapor a una presión y temperatura dada.

Calor latente de vaporización. Es la cantidad de calor que se absorbe cuando 1gr. de líquido se transforma en vapor a la temperatura de ebullición y a una atmósfera de presión

Calor de combustión. Es la cantidad máxima de calor liberado por una combustión completa de unidad de masa de material combustible.

Calor de gasificación. Es la cantidad calor necesaria para vaporizar una unidad de masa combustible cuya temperatura inicial es la del ambiente.

Oxidante estequiométrico. Es la cantidad de oxidante necesaria para la combustión completa de una masa de unidad de combustible.

Densidad relativa (δ). Se define como la relación de el peso de una sustancia con respecto al peso del mismo volumen de otra sustancia. Comúnmente se aplica como la relación de el peso de una sustancia con respecto al peso de un volumen igual de agua, a la que se le conoce como densidad relativa con respecto al agua.

$$\delta = \rho / \rho_{\text{H}_2\text{O}} \quad \delta_{\text{H}_2\text{O}} = 1$$

Si un líquido con $\delta < 1$ flotara en el agua (a menos que sea soluble en ella).

Si un líquido con $\delta > 1$ el agua flotara sobre el líquido.

Densidad relativa de una mezcla vapor-aire. Se define como el peso de una mezcla de vapor aire como resultado de la vaporización de un líquido inflamable en condiciones de equilibrio de temperatura y presión, comparado con el peso de un volumen igual de aire en idénticas condiciones.

Las densidades de una mezcla vapor - aire @ temperatura ambiente puede calcularse como sigue:

$$\delta_{\text{vapor-aire}} = ps / P + P - p / P$$

p → presión ambiental

s → δ de su vapor puro

P → presión de vapor de la sustancia @ temperatura ambiente.

Donde el primer miembro es la aportación del vapor a la δ de la mezcla.

El segundo miembro es la aportación del aire.

Ejemplo:

Calcular la $\delta_{\text{vapor} - \text{aire}}$ @ 37.8°C (100 °F) y a presión atmosférica para un líquido inflamable cuya presión de vapor @ 37.8 °C (100 °F) es de 76 mm de Hg.

$$\delta_{\text{vapor} - \text{aire}} = \frac{(76)(2)}{760} + \frac{760-76}{760} = 0.2 + 0.9 = 1.1$$

Viscosidad (μ). Es la medida de resistencia a la fluencia (en los líquidos) que resulta de la combinación de los efectos de adhesión y cohesión, o dicho de otra manera es la medida de fricción interna de un fluido.

Toxicidad. Es la propiedad que tiene un material para causar daño al cuerpo humano por acción química.

Geometría. Esta propiedad influye mucho sobre la posibilidad de inflamación.

Los materiales de poco grosor suelen inflamarse con mayor facilidad y la propagación de las llamas es más rápida (es más veloz en sentido ascendente).

Solubilidad y tensión interfacial (σ). Es el resultado de los efectos moleculares por los cuales se forma una superficie que separa dos líquidos.

Si $\sigma = 0$. Se dice que dos líquidos son miscibles entre sí. Como ejemplo de líquidos miscibles tenemos el agua y el alcohol.

Si $\sigma \neq 0$ Se dice que dos líquidos son inmiscibles. Como ejemplo tenemos el agua y el aceite.

En el caso que se tenga una interfase líquido gas al fenómeno se le llama tensión superficial.

Los fuegos de líquidos solubles en agua pueden extinguirse diluyendo el líquido en agua o mediante espumas anticarbónicas. El empleo de agentes humectantes afecta la tensión interfacial de un líquido y en algunos casos ayuda a la extinción del fuego.

Los vapores combustibles para poder arder en el aire, requiere que se encuentren en cierta proporción ya que si la cantidad de vapores es muy pequeña la mezcla será pobre y no arderá; en el caso de que la cantidad de vapores combustibles sea muy alta, la mezcla será muy rica y tampoco arderá. Cuando la concentración de la mezcla se encuentra entre el L.II y L.SI la ignición se produce más intensa y violenta que cuando la mezcla se aproxima a cualquiera de los dos límites.

Límite inferior de inflamabilidad (LII). Se define así a la concentración mínima de vapor - aire por debajo del cual el fuego no se propaga.

Límite superior de inflamabilidad (LSI). Se define así a la concentración máxima de vapor - aire por encima del cual el fuego no se propaga.

Estos valores se fijan como porcentajes de vapores en el aire. Por ejemplo: para la Gasolina son 1.4% y 7.6% ; o sea que menos de 1.4% de vapores de gasolina en el aire no arderán y más de 7.6% tampoco.

Calculo del volumen de vapor de las mezclas inflamables.

$$\text{El volumen en pies}^3 \text{ de vapor liberado por 1 gal de liquido} = \frac{8.33 \times \delta_{\text{liquido}}}{0.075 \times \rho_v}$$

donde:

8.33 es el peso en libras de 1 gal de H₂O

0.075 es el peso en libras de 1 pie³ de aire.

$$\text{Por lo tanto el vapor liberado por 1 gal} = 111 \times \frac{\delta}{\rho_v}$$

$$\text{Por lo tanto para la acetona } \delta = 0.792 \text{ y } \rho_v = 2.$$

$$\text{El vapor liberado por 1 gal} = 111 \times \frac{0.792}{2} = 44 \text{ pies}^3$$

El volumen de aire necesario para diluir el vapor de 1 gal de acetona por debajo del LII es de $44 \times 37 = 1628$ pies³/min. de aire puro para mantener la concentración de vapor por debajo del LII.

Explosión. Este fenómeno se produce en situaciones donde el combustible y un agente oxidante se mezclan antes de la ignición. En consecuencia la combustión progresa con gran rapidez al no existir la necesidad previa de la mezcla.

Fuentes de ignición . Estas pueden ser

1.- *Flama abierta.*- Calentadores de hogares, calderas, sopletes, quemadores, colillas de cigarro, etc.

2.- *Chispa de fricción.*- Esta pueden dar la suficiente energía para iniciar la combustión . Este tipo de chispa se produce al friccionar metales o por el impacto de dos superficies duras.

3.- *Corriente eléctrica.*- Los circuitos eléctricos están siempre expuestos a producir chispas o energía suficiente para prender 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 formada.

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 de sulfuro ferroso que se encuentra en los residuos de los recipientes que al extraerlos y ponerlos al aire arden; por eso se recomienda que tan pronto como sean extraídos los residuos se llevan a un lugar donde no representen peligro.

6.- *Otras fuentes de ignición.*- Estas son naturales, como el rayo, el sol, y aunque no se pueden evitar hay que tenerlos presentes.

CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.

Líquidos inflamables. Son aquellos que tienen punto de inflamabilidad inferior a 38 °C (100 °F) y presiones de vapor que no superan 40 psia @ 38 °C (100 °F).

CLASE I

I.A.) Líquidos cuyo punto de inflamación es inferior a 73 °F (23 °C) y punto de ebullición inferior a 100 °F (38 °C).

I.B.) Líquidos cuyo punto de inflamación es inferior a 73 °F (23 °C) y punto de ebullición superior a 100 °F (38 °C).

I.C.) Líquidos con punto de inflamación entre 73 °F (23 °C) y 100 °F (38 °C).

Líquidos combustibles. Son aquellos con punto de inflamación igual o superior a 100 °F (38 °C).

CLASE II) Líquidos con punto de inflamación igual o superior a 100 °F (38 °C) e inferior a 140 °F (60 °C)

CLASE III.A.) Líquidos con punto de inflamación igual o superior a 140 °F (60 °C) e inferior a 200 °F (93 °C).

CLASE III.B) Líquidos con punto de inflamación igual o superior a 200 °F (93 °C).

II-2) GASES.

Gas. Describe el estado físico de una materia que no tiene forma ni volumen propio, sino que adopta la forma del continente y ocupa su volumen completo. Se caracteriza por su casi nula cohesión y la gran energía cinética de sus moléculas las cuales se mueven a enormes velocidades. Su diferencia con el estado líquido, aunque este tampoco tiene forma propia, si tiene volumen. Y con el estado sólido en que tienen forma y volumen propio.

El término gas solo se aplica a aquellas sustancias que existe en estado gaseoso @ presiones y temperaturas normales (70 °F, 14.7 psia ó 21 °C, 101 kPa). A efecto de comparación cualquier sustancia o mezcla que en estado líquido ejerza una presión de vapor mayor de 40 psia a 100 °F se considera como gas.

CLASIFICACIÓN DE LOS GASES SEGÚN SUS PROPIEDADES QUÍMICAS.

Gases inflamables.- Según la NFPA cualquier gas que pueda arder en concentraciones normales de oxígeno en el aire se consideran inflamables.

A este tipo de gases que mantienen la combustión también se les llama oxidantes y se trata generalmente de Oxígeno o mezclas de Oxígeno con otros gases como Oxígeno - Helio, u Oxígeno - Nitrógeno.

Gases no inflamables.- Se les llama así a todos aquellos gases que no arden en ninguna concentración de aire o de Oxígeno. A este tipo de gases también se les llama inertes los mas comunes son:
Helio, Argón, Xenón, Kriptón, Radón.

Gases reactivos.- Son aquellos que reaccionan con otras materias o consigo mismos (produciendo cantidades de calor o productos de reacción potencialmente peligrosos) mediante una reacción distinta de la combustión bajo condiciones ambientales previsible (calor, impacto, etc.) .

Gases tóxicos.- Son aquellos que resultan venenosos o irritantes al inhalarlos o al entrar en contacto con la piel, entre los mas comunes se encuentran (Dióxido de azufre, Monóxido de Carbono, etc.)

CLASIFICACIÓN DE LOS GASES SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICAS.

Gases comprimidos. Denominado así a aquel que a temperatura atmosférica normal se mantienen en su envase exclusivamente en estado gaseoso bajo presión. La presión depende básicamente de la presión a la que fue cargado inicialmente el recipiente, y de la cantidad de gas que permanece dentro del mismo, aunque la temperatura del gas tiene cierto efecto. Un gas comprimido tiende a expandirse (solo en estado gaseoso).

Gases licuados. Denominado así a aquel que a temperatura atmosférica normal permanece bajo presión interior de un recipiente en estado parcialmente líquido. El gas licuado representa una cantidad mucho más concentrada que el comprimido.

Gases criogénicos. Denominado así a un gas licuado que está dentro de su envase a temperaturas muy por debajo de las temperaturas atmosféricas normales, generalmente por encima de su punto de ebullición @ temperaturas y presiones normales y a presiones proporcionalmente bajas o moderadas.

La principal diferencia con el gas licuado es que el gas criogénico no puede mantenerse indefinidamente en el recipiente debido a que este no puede impedir la penetración del calor de la atmósfera que tiende a elevarse continuamente la presión hasta un nivel que puede llegar a exceder la capacidad de resistencia de cualquier tipo de recipiente

GAS NATURAL LICUADO (GNL).

Clasificación: (Inflamable, Criogénico, Combustible, no tóxico pero sí asfixiante.).

Propiedades químicas. - Es una mezcla de Hidrógeno y Carbono cuyo principal componente es el Metano (CH_4) con menores cantidades de Etano (C_2H_6), Propano (C_3H_8) y Butano (C_4H_{10}).

Propiedades físicas.

Composición:

Metano (CH_4)	83 - 99 %
Etano (C_2H_6)	1 - 13 %
Propano (C_3H_8)	0.1 - 3 %
Butano (C_4H_{10})	0.2 - 1 %

Punto de ebullición normal

-225 a -256 °F (-160 a -164 °C)

Densidad líquido @ Presión barométrica normal

3.5 a 4 lb/gal (0.42 a 0.48 Kg./l)

Densidad de vapor @ Presión barométrica normal

1.47 (relativa al aire @ 21 °C).

Factor de expansión

600 : 1

Calor de vaporación

220 / 248 BTU / lb.

Calor de Combustión

22000 BTU/lb (51.2MJ/Kg.)

Velocidad de Combustión

0.2 - 0.6 pg/min.

Utilización. El GNL se emplea como fuente de gas para aumentar el suministro de gasoductos durante periodos de gran demanda, para abastecer en zonas remotas las redes de distribución de gas desde los sistemas centrales y como suministro básico de gas natural.

Riesgos en el interior del recipiente. El GNL se transporta como gas criogénico en camiones cisterna, térmicamente aislados, contruidos de acuerdo con las especificaciones y reglamentos (DOT) y en buques cisternas.

Se almacena en depósitos aislados, según normas ASME ó API. Los contenedores de GNL se protegen contra sobré presiones mediante válvulas de descargo o alivio de presión.

Teóricamente dichos contenedores están sujetos a la posibilidad de una explosión, pero la NFPA no tiene constancia de que se haya producido.

Riesgos de los gases fuera del recipiente. El GNL presenta peligro de explosión por combustión y de incendio cuando escapa de su recipiente.

Actualmente el GNL se emplea muy poco en interiores y cuando es necesario la instalación se proyecta proviniendo los riesgos de explosión por combustión, de acuerdo con los reglamentos y normas nacionales.

Las pruebas realizadas y los datos de experiencia previas indican que los escapes de GNL no están expuestos a explosiones a cielo abierto.

Control de emergencias. Presentan situaciones de emergencias tanto <<sin incendio>> como <<con incendio>>. El GNL evaporado del liquido criogenico o una temperatura cercana a su punto de ebullición es aproximadamente una vez y media (1 ½) mas pesada que el aire (a 21°C y se extiende a nivel del suelo ayudado por la niebla visible de la condensación de vapor de agua que se forma. La extensión de esta niebla depende de las dimensiones de la fuga de las condiciones meteorológicas, así como la forma geométrica de la zona delimitada por las barreras que existen. El área capaz de inflamarse viene determinado aproximadamente por la extensión de la niebla visible pero puede prolongarse más allá de esta zona en forma invisible. Estos escapes pueden controlarse mediante agua pulverizada. Debe evitarse el contacto entre GNL y el agua encharcada para impedir el aumento de la vaporización a no ser que haya medios para controlar el vapor. Se debe aplicar agua a los recipientes expuestos al fuego y detener la fuga siempre que sea posible.

GAS LIQUADO DE PETROLEO (GLP)

CLASIFICACIÓN: (Inflamable, licuado (incluso criogénico), combustible.).

Propiedades químicas. El GLP es una mezcla de Hidrógeno y Carbono. En el comercio el GLP suele ser predominantemente propano o butano normal o mezcla de estos 2 gases con menores cantidades de etano, etileno, propileno, isobutano y butileno (incluso sus isómeros). Las principales variaciones de la composición depende de la fuente de obtención del gas (pozo de gas o refineries de petróleo) El GLP no es tóxico pero sí asfixiante.

Propiedades físicas

Presión de vapor (PSI @)	Propano comercial	Butano comercial
70°F	132	17
100°F	205	37
105°F	216	41
130°F	300	69
Densidad relativa liquido C60°F (155°C)	0.509	0.582
Punto de ebullición inicial C 14.7 psia	-51°F	15°F
Densidad de vapor @ 60°F (aire= 1)	1.52	2.01
Tiempo de ignición en el aire	920-1120 °F	900-1000 °F
Temperatura máxima de la llama en el aire	3595 °F	3615 °F

Utilización. El GLP se emplea principalmente como gas combustible doméstico, comercial, agrícola e industrial en algunos procesos químicos - industriales, y como combustible para motores.

Riesgos en el interior del recipiente. El GLP se transforma en forma de gas licuado en bombonas no aisladas, en camiones - cisternas, vagones - cisternas de ferrocarril o embarcaciones de acuerdo con especificaciones de la ASME.

Se almacena en bombonas, en depósitos construidos térmicamente aislados, según normas API.

Generalmente los recipientes de GLP no están protegidos VS los riesgos que producen las sobre presiones.

La mayor parte de los recipientes están expuestos a una explosión.

Riesgos de los gases fuera del recipiente. Cuando se escapa de su recipiente, el GLP presenta riesgos, tanto de explosión por combustión como de incendio. Puesto que la mayor parte de sus aplicaciones se realiza en interiores, el riesgo principal es de explosión por combustión. Este riesgo se acentúa cuando el GLP se emplea en interiores en su fase líquido ya que un galón de butano propano líquido produce entre 245 y 275 gal de gas. Por esta razón las normas y códigos de seguridad son muy severas respecto al empleo de GLP en fase líquida.

Control de emergencias. Las fugas de GLP presentan situaciones de emergencia tanto <<sin incendio>> como <<con incendio>>. El vapor de GLP es normalmente de 1 ½ a 2 veces más pesado que el aire, y el que se evapora del líquido a temperatura de ebullición normal es aún más pesado. Por lo tanto tiende a extenderse a nivel de suelo, ayudado por la niebla visible de vapor de agua condensado que se forma.

Las mezclas capaz de inflamarse se extiende más allá de la zona ocupada por la niebla visible. Este tipo de escapes pueden controlarse por medio de agua pulverizada. Cuando el propano se almacena y maneja a temperatura atmosféricas es raro que se encharque, excepto en condiciones de temperatura ambiental muy baja.

El butano no criogénico y el GLP criogénico se encharca fácilmente. Debe evitarse el contacto entre el agua y los charcos de GLP para impedir que aumente la vaporización, a no ser que existan medios para controlar el vapor.

Se debe aplicar agua a los recipiente expuestos al fuego y detener el escape de gas siempre que sea posible.

II-3) TEORÍA DEL CONTROL DEL FUEGO Y DE LAS EXPLOSIONES.

La extinción del fuego se basa en eliminar uno de los tres factores necesarios para que exista el fuego, teniendo así cuatro métodos para la extinción del fuego.

1. *Extinción por 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 en forma muy eficiente, es el agua que correctamente aplicada es muy útil.

La acción de enfriamiento genera vapor de agua que diluye parcialmente la concentración de oxígeno ambiental en fuegos interiores o estructurales.

La eficacia de un agente extintor como medio de enfriamiento depende de su calor específico y calor latente así como de su punto de ebullición.

La superioridad de las propiedades extintoras del agua puede atribuirse a los valores relativamente altos de su calor específico, su calor latente y su disponibilidad. Sin embargo el agua es bastante pesada y difícil de trasladar si la distancia es grande. Su efecto enfriador se produce por acciones de conducción, evaporación y convección. Este efecto se resume del siguiente modo.

a) Un galón / min. (3.78 lts / min.) de agua absorbe 10,000 BTU / min. Aplicada a 60 °F (15.5 °C) y se sobrecalienta y evapora totalmente a 500 °F (260 °C).

b) El agua se expande a razón de 2500 : 1 , reduciendo sustancialmente el oxígeno en espacios cerrados.

c) El agua puede arrastrar aire, dependiendo del tipo de chorro empleado. A un ángulo de 30° y a una presión de punta de lanza de 100 psi por cada gal / min. Se arrastran 30 pies³ / min. de aire. Esta ventilación resulta beneficiosa dependiendo su uso. Suele utilizarse en la formación de espumas de alta expansión.

d) Un gal / min. de agua puede extinguir un fuego interior cerrado de 100 pies³ de combustión ordinaria.

e) El agua puede ser más eficaz si se le añaden:

I) Agentes tenso activos que empapan y penetren.

II) Espesantes que retrasen el escurrimiento y penetración.

III) Fosfatos amónicos, Carbonatos y Boratos Alcalinos que generen una capa ignífuga residual.

IV) Concentrados de espuma que formen recubrimientos sobre sólidos y la mayoría de los líquidos

2. *Extinción por dilución de oxígeno.* El término "dilución" solo puede aplicarse al estado gaseoso libre, y consiste en evitar que entren en contacto el oxígeno del aire y los vapores combustibles, esto se logra mediante dos formas.

a) Creando una atmósfera inerte (exenta de oxígeno) por medio de agentes extintores como el bióxido de carbono (CO₂), polvos químicos secos y líquidos vaporizantes.

b) Aislando el combustible del aire por medio de una capa intermedia, que es el caso de la espuma química, las espumas mecánicas y el agua liviana.

3. *Extinción por eliminación del combustible.* La eliminación del combustible siempre traerá la extinción del fuego.

A continuación se citan algunos ejemplos básicos.

- a) Mediante el simple sistema de extraer los combustibles por medio de bombas y transportarlos a otro depósito vacío.
- b) La extinción de incendios de gases, exige el bloqueo del paso del gas.
- c) Cubriendo los combustibles con una manta espumosa obtenida por la aireación de soluciones de agua y de concentrados espumosos.

Los fuegos se clasifican según el tipo de combustible que está ardiendo, ya que es éste el que determina el método de extinción.

Clase de incendio	Tipo de combustible	Método de extinción	Agente extintor
A	Sólidos que dejan residuos carbonoso (madera, papel, goma, plásticos)	Enfriamiento	Agua, espuma, polvo ABC
B	Líquidos y gases	Dilución de oxígeno	Espuma, Polvos químicos (Normal, Púrpura K , ABC)
C	Circuitos eléctricos	Dilución de oxígeno	CO ₂ , Polvos Químicos (Normal, Púrpura K, ABC)
D	Metales combustibles (Sodio, Magnesio)	Dilución de oxígeno	Polvo especial para incendio clase D.

Tabla II-2. Clasificación y método de extinción de incendios.

CAPÍTULO III

TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Este capítulo analiza los recipientes de distintas clases utilizados para almacenar líquidos inflamables y combustibles y las precauciones necesarias para manipular los líquidos al cargarlos.

III-1) ALMACENAMIENTO EN TANQUES.

El almacenamiento es una actividad indispensable en el transporte y manejo de hidrocarburos. La selección del tipo y tamaño del tanque está relacionada con factores como:

- a) Relación producción-consumo.
- b) Las condiciones ambientales.
- c) Localización del tanque.
- d) Tipo y volumen de fluido a almacenar.
- e) Presión y temperatura de trabajo del fluido que se almacenará.

Las instalaciones de los tanques pueden ser superficiales, subterráneas y en buques tanque. Si los tanque están debidamente contruidos, bien instalados y cuidados, el almacenaje de líquidos inflamables y combustibles encierra menos riesgos. Los materiales que se han empleado para su construcción, han sido:

- Concreto
- Aluminio
- Plástico y
- Acero inoxidable.

Siendo el de mayor demanda es el de acero inoxidable por su resistencia y durabilidad. En las formas predomina la cilíndrica y su clasificación es por las características de su techo, en base a esto los hay de techo fijo y de techo flotante.

Los tanques pueden fabricarse y transportarse a su lugar de colocación o bien armarse en el mismo lugar donde permanecerán.

Los tanques tienen un sistema de sellado que es de suma importancia pues evita la emisión de vapores a la atmósfera.

Existen diversos sistemas de sello como es el caso del sello metálico el cual consiste de un anillo de zapatas de acero prensadas firmemente contra la envoltura, un capa de tela flexible cierra el espacio entre las zapatas y el techo.

Para evitar que los líquidos «rebosen», los tanques no deben llenarse completamente, especialmente cuando se vierte un líquido frío en un tanque situado en un ambiente caliente, se utilizan diversos métodos para impedir las pérdidas por evaporación en almacenamientos y pérdidas de vapores cuando el tanque esta lleno.

Los tanques de techo flotante de doble puente y los llamados de "pontones" reducen las emisiones de vapores a la superficie y ofrecen máxima flotabilidad. En algunos casos, para conservar los vapores se utilizan tanques con techo móvil y tanques con cúpula para vapores o se unen los conductos de ventilación de varios tanques de techo cónico a través de unos colectores a un tanque de cúpula para vapores o tanque presurizado.

Los dispositivos de control de vapores van colocados en el techo del tanque y su descarga es conducida por una tubería la cual puede descargarlos a la atmósfera o bien conducirlos a una unidad recuperadora de vapores.

Los tanques subterráneos reducen las pérdidas por evaporación, ya que hay menos variación de la temperatura. Los tanques aéreos suelen pintarse con aluminio o pintura blanca para reflejar el calor, y así disminuir el aumento de la temperatura del líquido contenido reduciendo la evaporación.

Los tanques están provistos de sistemas de control de derrames, consistente en un muro alrededor o bien un canal que conduzca el derrame a un sitio alejado y seguro, el cual debe tener una capacidad igual a la del tanque más un porcentaje por seguridad.

Por último un programa adecuado de revisión y mantenimiento de las instalaciones evitará las acciones de emergencia y las pérdidas materiales y en ocasiones humanas.

III-2) TANQUES PARA ALMACENAMIENTO ATMOSFÉRICOS.

Los tipos de tanques de almacenamiento son muy variados, sin embargo, se pueden dividir en tres categorías:

1) *Tanques de Techo Cóncavo* (Fig. III-1). Sus dimensiones aproximadas son de 250 pies de diámetro y 60 pies de altura. El techo esta soportado por una estructura interna. En el tanque de techo de domo, el techo está formado por placas circulares que se auto soportan. El tipo paraguas son placas en forma de gajos. Raramente tienen mas de 60 pies de diámetro interno.

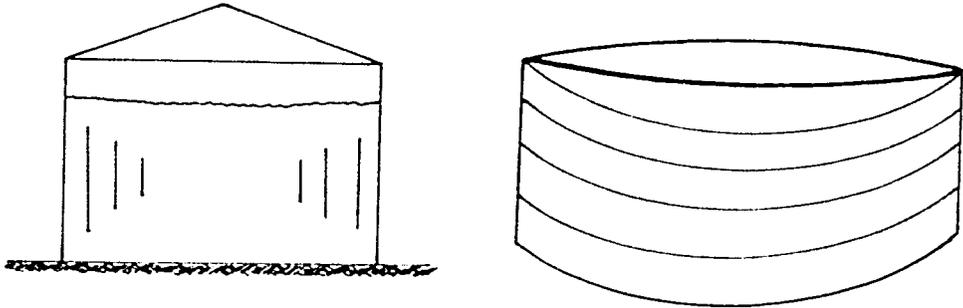


Fig. III-1. Tanques de techo cóncavo

2) *Tanques de Techo Flotante* Estos tanques tienen una gran aceptación debido a que reducen las pérdidas por vaciado y llenado, esto se logra ya sea eliminando o manteniendo constante el espacio destinado a vapores, arriba del nivel del líquido. La pared y techo son de acero.

El techo flota sobre el líquido y es libre de moverse hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la operación que se trate o bien por efectos de variación de temperatura Fig. III-2.

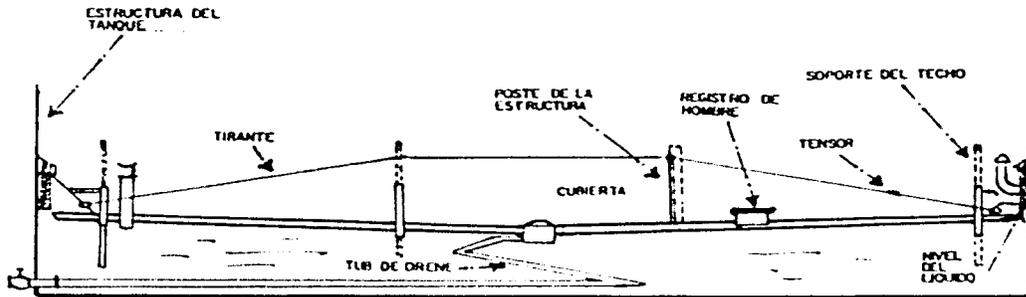


Fig. III-2. Tanque de Techo Flotante.

Los tanques de pontones y el de techo de doble capa, son algunas variantes de este tipo de tanques. La Fig. III-4, muestra algunos rasgos de éstos.

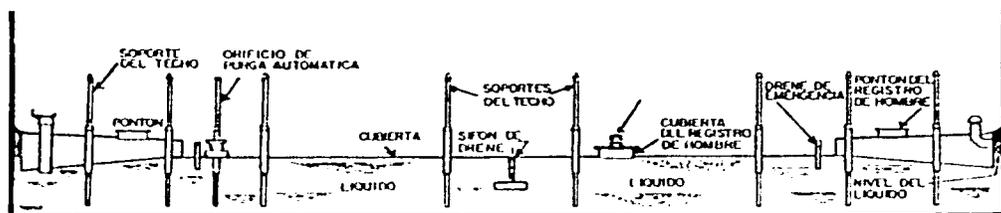


FIG. III-3. Tanque de techo flotante con pontones.

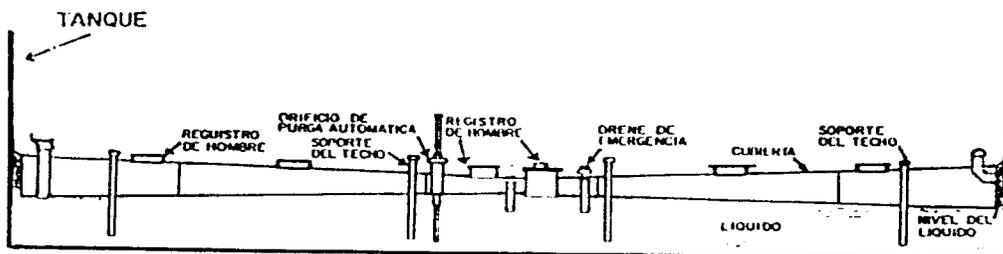


FIG. III-4. Tanques de Techo Flotante del tipo de Doble Capa

El sello es de suma importancia especialmente en este tipo de tanques, ya que el hecho de que el techo sea móvil favorece a la fuga de vapores. El sello entre la pared y el techo móvil se logra por medio de zapatas que están presionadas contra la pared por medio de resortes o contra pesos, con una membrana flexible atada entre la zapata y la cubierta del techo.

- 3) *Tanques de almacenamiento a baja presión* - Se emplean para el almacenamiento de productos volátiles, cuya presión a la temperatura de almacenaje varía de 0.5 a 15 lbs/p². Pueden almacenar, crudos ligeros, naftas ligeras, pentano, etc

III-3) CONSTRUCCIÓN.

La construcción de tanques de almacenamiento debe estar estrictamente apegada a normas establecidas por el A.P.I. El material del cual están contruidos, debe poseer características como:

- Resistencia a la corrosión
- Resistencia al intemperismo.
- Resistencia a la tensión y presión.

Los tanques de mayor uso se construyen de acero inoxidable, la envoltura de estos tanques se construye de lámina de acero que puede ser atornillada, remachada o soldada. La construcción del techo es similar al de la envoltura.

Las láminas pueden unirse de tres formas:

- a) A plomo.
- b) Con soldadura y tornillos.
- c) Con traslapes telescopiado.

La soldadura puede ser de dos tipos:

- a) Vertical para resistir la presión hidrostática del tanque
- b) Horizontal para soportar la compresión originada por el mismo peso del tanque.

Durante el diseño de un tanque las paredes deben ser perfectamente herméticas de manera que se impida la formación de bolsas y la acumulación de líquidos en su interior. Debe destinarse un volumen para líquidos y otro para vapores, este último no debe exceder el 20 % del volumen total del tanque.

Diseño. En el diseño de los tanques de almacenamiento para líquidos debe tomarse en cuenta los siguientes factores.

- a) Presión interna tanto del llenado como del vaciado.
- b) El peso del tanque y su contenido, de vacío a lleno, con o sin la presión máxima.
- c) El sistema de soporte considerando las características y propiedades del material.
- d) Cargas adicionales; plataformas, escaleras, conexiones de tubería y en ocasiones la carga por depósito de nieve en el techo.
- e) Cargas de empuje ocasionadas por el viento.
- f) Cargas ocasionadas por terremotos.
- g) Esfuerzos a la tensión y compresión.
- h) Esfuerzos de corte.

La fórmula siguiente (650 API , tanques soldados para almacenaje de petróleo) (API 979) permite calcular el espesor mínimo de la placa de la envoltura de los tanques soldados atmosféricos verticales, cilíndricos y aéreos.

$$S = r h \rho g / \nabla k$$

Donde:

S → espesor de la placa en (m)

R → diámetro interior del tanque (m)

h → altura máxima del líquido en el tanque (m)

ρ → densidad del líquido (Kg/m³)

∇ → tensión máxima permisible (MN/m²)

k → factor de construcción (0.72-0.77)

g → 9.81 m/seg²

Ejemplo:

Calculo del espesor de placa para las siguientes condiciones:

h → altura máxima del líquido = 3m

d → diámetro del tanque = 5m

ρ → densidad del líquido = 1000 Kg/m³

∇ → tensión máxima permisible = 140 MN/m²

$$S = 2.5 \times 3 \times 1000 \times 9.81 / 140 \times 10^6 = 5.3 \times 10^{-4} \text{ m} = 0.53 \text{ mm}$$

El espesor nominal de las placas de la envoltura (incluidas las prolongaciones de la envoltura en caso de tanques de cubierta flotante) no ha de ser inferior a las citadas en la tabla III-1. El espesor nominal máximo de las chapas de la envoltura del tanque es de ½ pg (18mm).

Diámetro nominal del tanque en pies.	Espesor nominal en pg
Inferior a 50	3/16
50 hasta 119	1/4
120 hasta 200	5/16
Inferior 200	3/8

Tabla III - 1. Espesor de las placas de la envoltura.

En tanques de gran capacidad el espesor de las placas no es homogéneo a lo largo de éste, generalmente se tiene un mayor espesor en la parte inferior y un menor espesor en la superior.

Fabricación y Accesorios. La mayoría de tanques de almacenamiento cuentan con accesorios y equipo adicional con funciones específicas ya sean de control, de medición, de llenado o vaciado, de sello, etc. El equipo adicional esta constituido por: indicadores de nivel, mecanismos de relevo de presión, mecanismos de venteo, mecanismos de gasificación, escaleras, tuberías, plataformas, poleas interiores, barandales, boquillas, registro de hombre y en ocasiones conexiones eléctricas.

Las conexiones de tubería deben realizarse de manera que puedan modificarse o repararse causando el mínimo movimiento de otras conexiones. Los movimientos de tubería ocasionados por la expansión de la envoltura del tanque debido a los efectos de esfuerzos y temperatura serán considerados.

La cimentación debe soportar el peso del tanque y su contenido, de ser necesario construir una base especial (generalmente de cemento y arcilla) para proveer un soporte uniforme a todo el tanque.

El corte de las placas, esquinas y cabezas debe realizarse por medios mecánicos. Las imperfecciones de los cortes deben pulirse. Los dobleces o curvaturas a las que sean sometidas las placas para la construcción del techo, envoltura y fondo, no deben afectar las propiedades del material.

La sección horizontal de un tanque será tal que la diferencia entre el radio máximo y el mínimo de la curvatura de la placa empleada en la construcción, no excede el 1 % del diámetro promedio ó 12 pg. La máxima curvatura de una placa, medida radialmente, no debe ser mayor al 0.5 % del radio de la forma original y no mostrar arrugas.

Ventilación y supresores de llama Los tanques necesitan para funcionar normalmente una ventilación adecuada, que tenga en cuenta las operaciones de llenado y vaciado y la máxima dilatación o contracción posible del contenido en función de la temperatura. Unos conductos de ventilación obstruidos o mal dimensionados pueden originar la rotura de los tanques debido a la presión interna, o bien su hundimiento debido al vacío interno. Al llenar los tanques, los conductos de ventilación despiden vapores inflamables. Si la mezcla es bastante rica o si el emplazamiento del conducto de ventilación es tal que los vapores expulsados puedan constituir un riesgo, hay que conducir dichos vapores mediante tuberías hasta un lugar en que su disipación no sea peligrosa. Los vapores no deben descargarse cerca de puertas o ventanas, ni cerca de fuentes potenciales de ignición.

Para evitar el retroceso de la llamas hacia el interior , se montan dispositivos de ventilación normalmente cerrados, cuando el tanque no se encuentre con presiones o vacío interior; en caso contrario, se instalan supresores de llama homologados. Las especificaciones exigen la instalación de estos dispositivos si hay mezclas inflamables presentes, y para almacenar líquidos de clase I . Los supresores contruidos con materiales de chapas o tubos metálicos paralelos que presentan una superficie metálica grande para disipar el calor, son más eficaces en las aberturas de gran tamaño que los cedazos, y no corren tanto peligro de sufrir obstrucciones y corrosión. Las chapas o tubos metálicos absorven el calor y reducen la temperatura del vapor por debajo del valor de autoinflamación . Sin embargo si el supresor de llama está en contacto con el fuego durante períodos prolongados las chapas metalicas pueden calentarse por la parte inferior lo bastante como para inflamar cualquier mezcla vapor - aire inflamable dentro del tanque.

La ventilación total puede ser calculada mediante la siguiente fórmula:

$$CFH = 1.107 A^{0.82}$$

CFH → Caudal de ventilación en pies³ de aire por hora a Presión atmosférica.

A → Superficie mojada expuesta al fuego en pies²

La fórmula anterior supone que,

$$Q = 21.000 A^{0.82}$$

Los incendios en los conductos de ventilación que desembocan cerca de la superficie del tanque, producen recalentamientos localizados en la envoltura del tanque. Si la exposición al fuego aumenta la presión dentro del tanque, se produce una explosión (BLEVE).

Cimentaciones y apoyos. Normalmente los tanques verticales suelen instalarse en plataformas ligeramente elevadas que proporcionan un apoyo adecuado y generalmente por encima del nivel del suelo circundante para proteger el fondo del tanque del agua existente en la zona. Los pilotes o apoyos de acero situados debajo del tanque que contienen líquidos inflamables tienen que estar protegidos con materiales resistentes al fuego con una resistencia mínima de 2 hrs.

Los puntos de descarga deben situarse por lo menos a 25 pies de distancia de los tanques cuando se manipulan líquidos inflamables de clase I, y de 15 pies para líquidos inflamables de clase II y III.

La fig. III-5 muestra las dimensiones características de un tanque de almacenamiento.

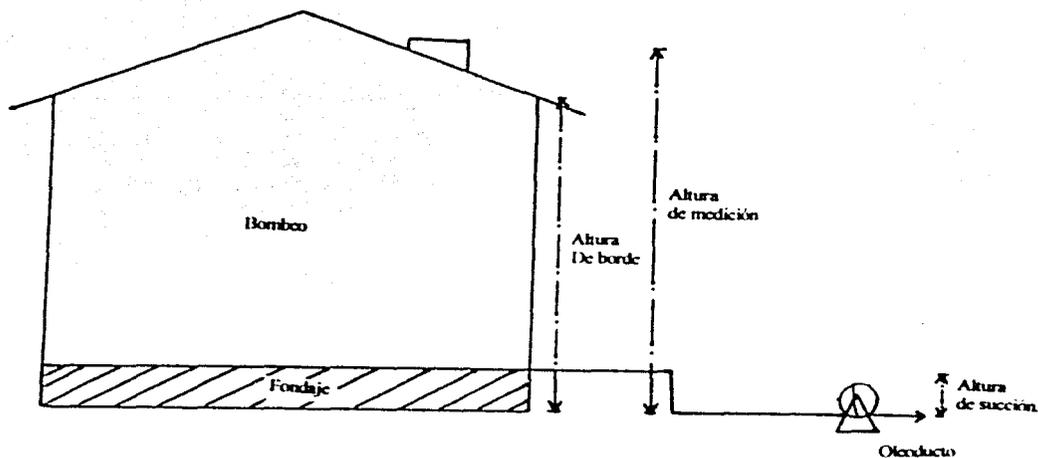
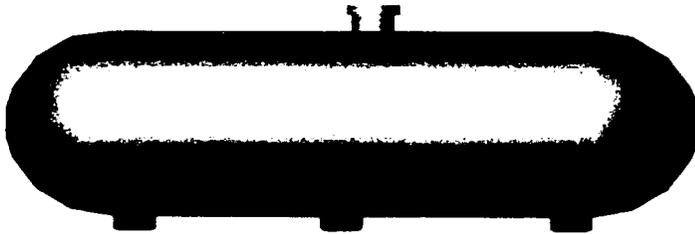


FIG. III-5. Dimensiones de un tanque de Almacenamiento.

III-4) ALMACENAMIENTO DE GASES.

El gas es un producto asociado a la producción de hidrocarburos y derivados del petróleo. Su manejo y almacenamiento son de igual importancia que el de los hidrocarburos líquidos. En muchas ocasiones la instalación de plantas y sistemas para el tratamiento de este producto no se lleva a cabo debido a la magnitud de la inversión que esto representa.

Las siguientes consideraciones son aplicables al almacenamiento de gas Licuado Propano a temperaturas promedio de -5°C , esto se logra mediante sistemas de enfriamiento. Los tanques que generalmente se emplean son por su forma cilíndricos o esféricos, (Fig. III-6) y su capacidad resulta pequeña comparada con los volúmenes de aceite crudo que se almacenan.



Tanque horizontal



ESFERA

FIG. III-6 . Tipos usuales de tanques de baja presión.

Además de la envoltura, techo y fondo del tanque se posee equipo adicional como: boquillas, registro de hombre, placas reforzadas, anillos, barandales, guía para construcción, etc. Cuenta además con dispositivos de control de presión e incendios.

Diseño. Para la construcción de estos es necesario considerar efectos de diversos efectos, como los siguientes: resistencia, seguridad, vientos, terremotos, incendios, etc.

Los valores en el cálculo de los espesores se les admite una tolerancia entre el valor calculado y el disponible de + 0.25 mm.

Capacidad de almacenamiento de un tanque. Esta puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$V = w / \rho$$

Donde:

w → Peso del gas (Kg.)

V → Capacidad volumétrica (litros)

ρ → Densidad del fluido a la mínima temperatura de almacenamiento, multiplicada por 0.9 (Kg/lts).

Carga por viento. La carga por viento puede calcularse con la presión por velocidad multiplicada por el coeficiente de fuerza de viento y por el área proyectada, de acuerdo a la siguiente ec:

$$w = P v CA$$

Donde:

w → Carga por viento (Kg)

Pv → Presión por velocidad (Kg/m²)

C → Coeficiente de fuerza por viento

A → Área proyectada (m²)

El valor de la presión por velocidad se calcula con la siguiente ec:

$$Pv = 120^4 h$$

Donde:

H → altura del nivel del suelo (m)

El valor de C: para tanques cilíndricos

C = 0.7

para tanques esféricos

C = 0.4

Carga por temblores. Para el cálculo de esta carga se emplea la siguiente fórmula

$$E = k (G_1 + G_2 + P)$$

Donde:

E → Carga por temblores (Ton)

G₁ → Peso del tanque incluyendo los soportes (Ton)

G₂ → Peso del contenido del tanque (Ton)

P → Carga viva en caso de nieve, si su valor es muy pequeño comparado con G₁ y G₂ puede despreciarse.

k → Coeficiente lateral sísmico

$$k = k_0 (\alpha) (\varphi)$$

Donde:

k₀ → Valor estándar del coeficiente lateral sísmico (según el lugar)

α → Coeficiente de variación sísmica debido al tipo de suelo donde está asentado el tanque.

α → 0.6 rocas cuya dureza sea de alto valor (asiento basáltico)

α → 0.8 para asiento de suelos arenosos fuertemente comprimidos.

α → 1.0 cualquier otro suelo no incluido en los anteriores.

φ → Coeficiente de decremento sísmico. Está condicionado por el lugar y varía de 0.8 a 1.0

Fabricación y Accesorios. Antes de iniciar la construcción de un tanque, se verifica la cantidad y calidad del material que se empleará, son sometidos a revisión, verificando el número de placas, contenido de carbón e indicaciones del fabricante.

La identificación de las placas incluye la composición química y sus propiedades mecánicas. El corte de las placas no debe presentar ninguna irregularidad.

La tolerancia de la redondez de tanques cilíndricos no debe exceder 1 % del diámetro nominal de cualquier sección transversal, midiendo el máximo y mínimo diámetro interior. La distorsión de la curvatura por efecto de soldadura deberá medirse.

Los tanques de almacenamiento están acompañados del siguiente equipo, especificando sus rangos de operación:

- a) Facilidades para control de fuego.
- b) Tubos de medición.
- c) Válvulas de cierre rápido en la entrada y descarga del líquido.
- d) Válvulas de presión y vacío.
- e) Indicadores de nivel.
- f) Indicadores de presión y termómetros.
- g) Conexiones a tierra.
- h) Válvulas muestreadoras.

Todo tanque posee una placa de identificación que contiene los siguientes datos:

- 1) Presión de diseño (kg/cm^2)
- 2) Capacidad (m^3)
- 3) Materiales.
- 4) Espesor de pared (mm)
- 5) Presión hidráulica de prueba (kg/cm^2)
- 6) Fecha de manufactura
- 7) Nombre o símbolo del fabricante; número de inventario.

III-5) INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

Un tanque se inspecciona para:

- a) Determinar su estado físico
- b) Determinar el ritmo de corrosión
- c) Determinar las causas de su deterioro.

Con un conocimiento apropiado de los parámetros arriba mencionados se reduce la posibilidad de un incendio, derrames y además se plancan las reparaciones.

Corrosión. Es la principal causa de deterioro de un tanque de acero. Estas se presentan tanto en las partes externas como en las partes internas del tanque.

1) *Corrosión externa.* Estas varían de despreciables hasta severas dependiendo de las condiciones atmosféricas del lugar.

La corrosión en la parte inferior del tanque se debe a las componentes del suelo y de los materiales usados para la construcción de la base donde se coloca el tanque. Se recomienda que la base del tanque sea construida con material poroso y de buen drenaje de manera que no favorezca la acumulación de líquidos.

2) *Corrosión interna.* Esta es función del material empleado para la construcción del tanque y de las características del fluido almacenado. Los revestimientos o forros del tanque deben ser más poderosos que la corrosividad del fluido almacenado.

La corrosión en el espacio destinado a los vapores es provocada por: oxígeno, ácido sulfhídrico, vapor de agua y combinaciones entre estos. En el área cubierta por líquidos la corrosión es originada por sales ácidas, ácido sulfhídrico y otros componentes sulfúricos.

Identificación de fugas y deterioro mecánico. La identificación de las fugas ayuda a evitar pérdidas económicas, ya sea por pérdida de fluido almacenado o bien por gastos de reparación.

Pueden presentarse fallas instantáneas que derrumban el tanque. La inspección y mantenimiento adecuados reducen la posibilidad de estas fallas. Las fugas se presentan en diversas partes del tanque principalmente en soldaduras y otras partes de unión. Las causas más comunes asociadas a la fuga son:

- a) Soldadura deficiente.
- b) No relevación de esfuerzos
- c) Reparación inadecuada de aberturas
- d) Tensión causada por temblores
- e) Vibraciones
- f) Mal diseño

Inspección. Los intervalos de inspección están condicionados por los siguientes factores:

- a) Naturaleza de los materiales empleados
- b) Resultado de las inspecciones visuales
- c) Capacidad del equipo
- d) Corrosión permanente y ritmo de corrosión
- e) Condiciones en inspecciones previas
- f) Localización de los tanques.

Los intervalos de inspección son en períodos que varían de ½ a 3 años. La parte externa del tanque puede inspeccionarse con mayor frecuencia que la interna. De identificarse cualquier falla ésta se reporta, corrige y se investiga la causa de la misma.

Inspección exterior. Se inspeccionarán las escaleras mediante observación y golpeteo o raspado. De los soportes se revisa su base, las plataformas y andamios, se inspeccionarán de igual manera a las escaleras.

Se revisan los puntos de acumulación de agua. Todas las fallas que se identifican deben anotarse. Se revisan los cimientos en forma visual, especialmente alrededor del tanque, deberá tener cuidado e identificar el hundimiento o rotura más mínima.

Los cimientos deberán estar cubiertos de material impermeabilizante de manera que no haya filtración. Se revisa el estado de los birlos.

El estado de todas las conexiones de tubería se revisan visualmente, por golpeteo y raspado. Esta revisión es aún más importante después de temblores o huracanes.

Para la inspección también se emplean técnicas como las llamadas de: colorantes y partículas magnéticas, métodos resistivos de manera que la resistividad del tanque no exceda de 25 ohms.

Las paredes del tanque se inspeccionan minuciosamente identificando en ellas la presencia de corrosión, fugas o golpes. La inspección puede realizarse empleando métodos ultrasónicos (del tipo radiación).

El método de partículas magnéticas se emplea cuando la inspección se realiza con el tanque en servicio.

Los techos de los tanques se inspeccionan por medio de martillo, la posición del techo debe ser las más alta e inspeccionarse lo más rápido posible. También se examinan los sellos y los mecanismos que los hacen actuar. Además se inspeccionan los mecanismos que los hacen actuar. Además se inspeccionan los mecanismos de elevación del techo, cuidando que exista perfecto deslizamiento entre ellos. Los arresta flamas se desarmen y revisan de acuerdo al plan de inspección, revisando su capacidad de venteo y observando si hay alguna obstrucción, en caso afirmativo investigar la causa.

Inspección interior. Antes de inspeccionar el fondo del tanque es necesario lavarlo retirar todas las impurezas y depósitos que sobre él se encuentren. Como la inspección requiere que el tanque este fuera de servicio es necesario que esta se planee en forma adecuada, para que lleve el menor tiempo posible. Son de gran ayuda las fotografías que del interior se tomen. La inspección se inicia por una observación general, empezando por los soportes y mecanismos de sustento, continuando con la pared y después el fondo. Generalmente el área más afectada es la zona gas-liquido. Cuando los materiales almacenados contienen sales ácidas estas se depositan en el fondo y si hay presión de agua se forma un ácido débil pero corrosivo.

La inspección del fondo se realiza visualmente, raspando y golpeando. Para determinar el espesor se emplea el método ultrasónico. Es necesario hacer orificios y medir el espesor, el número y disposición de estos depende del tamaño del tanque.

Uno de los principales parámetros que se miden es el ángulo entre el suelo y la pared, esta medición se realiza con nivel y a lo largo del perímetro del tanque.

Para detección de fugas en la pared del tanque se emplea una prueba de pintura, donde se supone hay una fuga se coloca una placa que tiene un suministro de pintura, por el lado exterior se coloca otra placa la cual va colocada a una bomba de vacío, esta se acciona por un tiempo y a una

presión determinada, de manera que si la placa exterior se presenta alguna coloración implica que si hay fuga.

Una variante de esta prueba es mediante soluciones jabonosas, de manera que se represiona el lugar donde se supone esta la fuga y, si en el exterior del tanque se presentan burbujas la fuga existe.

Otro método para la identificación de fugas en el fondo del tanque consiste en cubrir el fondo del tanque con soluciones jabonosas y rodear la base exterior del tanque cubriéndola con alguna solución sello, después se suministra mediante una compresora, una presión al tanque, la cual no deberá exceder de tres pg de agua, y se revisa si se presentan burbujas en el exterior.

El aspecto de los forros no debe presentar raspaduras, orificios, bolsas, etc. Para su inspección basta un pequeño raspado o bien el empleo de métodos electrónicos, solo que en estos últimos el voltaje que se emplee no debe dañar el forro.

Pruebas de tanque. Cuando algun tanque ha sufrido alguna reparación o reemplazo grande, como cambio de forro, de algunas láminas, soportes, etc., éste se aprueba como si se tratara de un tanque nuevo.

La prueba consiste básicamente en llenar el tanque con liquido, generalmente agua, represionar con aire y ver si se presenta alguna fuga. El tanque se baña con una solución jabonosa para facilitar la identificación de la fuga.

III-6) SISTEMAS DE SEGURIDAD Y RECUPERACIÓN DE VAPORES.

Las pérdidas por evaporación durante el almacenamiento de hidrocarburos líquidos no sólo traen consigo la reducción en el volumen almacenado, sino que además, presentan las siguientes desventajas:

- Pérdida de vapores que se ventean a la atmósfera
- Reduce el valor de los hidrocarburos líquidos, ya que son fracciones ligeras, de mayor costo, las que se evaporan.
- Contaminación ambiental
- Riesgos de explosión
- Aumento de la corrosión en el área del tanque destinado a los vapores.

Por otro lado el poseer medios y dispositivos que permitan el control de estos vapores, ofrece las siguiente ventajas.

- No disminuye el precio de los hidrocarburos
- Se evitan los riesgos de explosión
- Se obtienen las fracciones líquidas que pudieran ir en la corriente de vapor.

Las causas básicas por las que se origina el desprendimiento de vapores son:

- Cambios de temperatura
- Agitación
- Llenado y descarga del tanque y el color.

Como muestra de la influencia que el color exterior del tanque tiene sobre las pérdidas debido al cambio de temperatura, se presenta la siguiente tabla III-2.

Color	Pérdidas por evaporación (anual)	Densidad promedio durante un año
Negro	1.24 %	0.8403 *
Rojo	1.14 %	0.8397
Gris	1.03 %	0.8386
Aluminio	0.83 %	0.8381

Tabla III-2. Cambios de color exterior del tanque por pérdidas de evaporación.

*Los hidrocarburos almacenados poseían una densidad de 0.8370 (agua = 1)

Los medios para evitar y controlar las pérdidas por evaporación son los siguientes:

- Colocar el tanque en un lugar donde los cambios de temperatura no sean bruscos
- Seleccionar el tanque cuya presión de trabajo sea mayor de la máxima presión de vapor que se pueda presentar.
- Diseño especial del techo
- Empleo de instalaciones colectoras de vapores.

Un diagrama de una instalación típica se presenta en Fig. III-7. En términos generales, el funcionamiento de la instalación es como sigue:

Los vapores liberados de el tanque son succionados a través de un fluido por un compresor, el cual los descarga a la línea de aprovechamiento a través de una válvula de retención. Dependiendo de la presencia o no de vapores un interruptor manda señales a un arrancador. Cuando el tanque se vacía mediante un reductor de presión, el tanque es llenado con gas proveniente de un suministro. Los líquidos extraídos de la corriente de vapor por parte del filtro, son drenados del sistema y psan a tratamiento.

El empeo de sistemas cerrados, esto es aislados de la atmósfera, evita la formación de mezclas explosivas o corrosivas que resultan de la combinación de los vapores desprendidos y del oxígeno del aire

El sistema posee además, válvulas de presión y vacío existe una línea adicional la cual envía el exceso de gas hacia los quemadores. Esta válvulas están colocadas encima del tanque a través de arresta flamas, esta válvula permite el paso de grandes volúmenes en tiempos pequeños, además con un control adecuado, permite el flujo hacia adentro y hacia fuera. Los indicadores de nivel y de fluidos son otros instrumentos de medición que posee el sistema

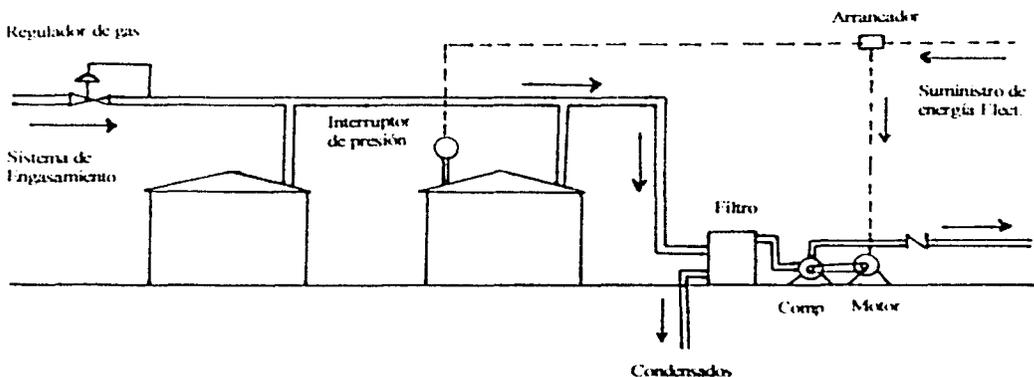


Fig III-7. Instalación típica controladora de vapores.

CAPÍTULO IV

NORMA 650 API (TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO).

Esta norma se basa en la acumulación de experiencia para construcción de tanques de almacenamiento, los ahí de diferentes capacidades tamaños y presiones internas que no rebasen las $2 \frac{1}{2}$ lb/pg².

IV-1) MATERIALES.

Los materiales usados para envoltura, techo y fondo dependen del espesor y peso base de cada uno de ellos y nunca serán menores a los permitidos, los espesores varían dependiendo del grado del acero y de las normas de cada Asociación por ejemplo:

ASTM STANDARD (Sociedad Americana de pruebas y materiales)

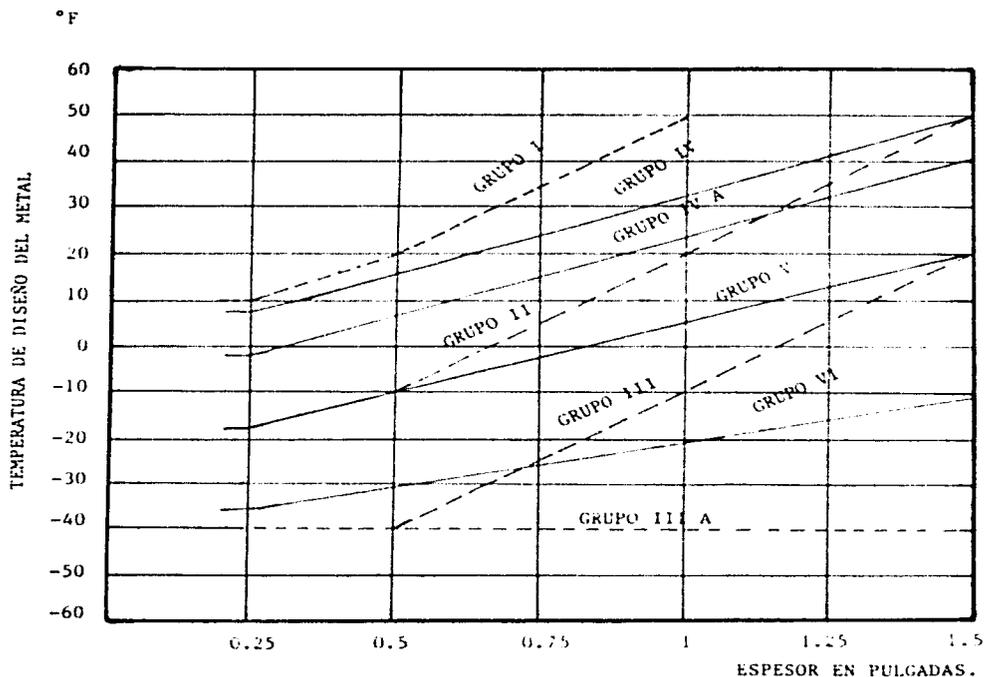
CSA (Asociación Canadiense de Normas)

ISO STANDARD (Organización Internacional de Normas)

PLACAS DE ACERO.

Especificaciones	Grado	Mínima resistencias a la tensión. (lb. / pg ²)	Punto cedente (lb. / pg ²)	Máximo esfuerzo a la tensión (lb. / pg ²)
ASTM A 131	A	58,000	32,000	15,200
ASTM A 131	B y C	58,000	32,000	16,000
ASTM A 131	C	58,000	32,000	16,000
ASTM A 283	C	55,000	30,000	15,200
ASTM A 283	D	60,000	33,000	15,200
ASTM A 285	C	55,000	30,000	16,500
ASTM A 442	55	55,000	30,000	16,500
ASTM A 442	60	60,000	32,000	18,000
ASTM A 516	55	55,000	30,000	16,500
ASTM A 516	60	60,000	32,000	18,000
ASTM A 516	65	65,000	35,000	19,500
ASTM A 516	70	70,000	38,000	21,000
ASTM A 516	Tipo 3	80,000	60,000	24,000
ASTM A 537	Clase I	70,000	50,000	21,000
ASTM A 537	Clase II	80,000	60,000	24,000
ASTM A 573	65	65,000	35,000	18,000
ASTM A 573	70	70,000	38,000	19,300
ASTM A 662	B	65,000	40,000	19,500
CSA G 40.8	A y B	65,000	40,000	18,000
ISO R 630 Fe 42	C y D	60,000	34,000	16,500
ISO R 630 Fe 44	C y D	62,500	35,500	17,300
ISO R 630 Fe 52	C y D	71,000	48,500	19,600

DUREZA. Los tratamientos de calor se diseñan a una temperatura de metal dependiendo del grado del acero y normas de cada asociación según la gráfica IV-1, para reforzar la dureza del material producido no excediendo los límites especificados para el refinamiento del grano y para reunir los requisitos de la prueba.



Gráfica IV-1. Temperatura mínima de diseño para las placas usadas en envoltura con pruebas de impacto

Electrodos para soldar. Para soldar espesores de 0.5 pg o mayores se utilizan los electrodos de Hidrógeno- bajo incluyendo los platos de los fondos y los platos anulares, conforme las series de clasificación, las características eléctricas, la posición para soldar y las condiciones de uso, teniendo un tensión mínima de 80 a 85 Kips/pg².

IV-2) DISEÑO DE UNIONES.

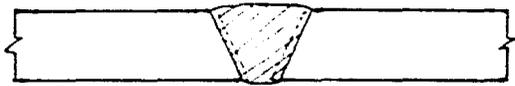
Las uniones típicas en tanques se muestran en la Fig. IV-1, IV-2, IV-3, dichas uniones podrán estar dentro o fuera del tanque.

Las uniones estructurales en fondos, techos y envolturas se desempeñaran de tal manera que se asegure la completa fusión del metal base.

Cada capa soldable se limpiara de cualquier deposito antes de aplicar otra capa.

Los bordes de la soldadura combinaran con la superficie sin un ángulo brusco, siendo el máximo permitido $1/64$ pg para uniones verticales y $1/32$ pg para uniones horizontales

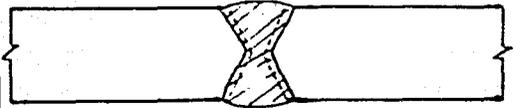
Ninguna soldadura de cualquier tipo se desempeñara cuando las superficies a unirse estén mojadas, con hielo, o cualquier otra tipo de residuos, ni durante periodos de viento altos, ni cuando la temperatura del metal sea menor a 0°F .



Unión simple en V



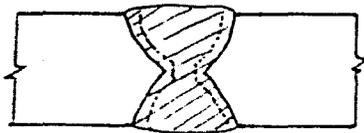
Unión simple en U



Unión doble en V



Unión en escuadra



Unión doble en U.

FIG: IV-1. Uniones verticales en envoltura

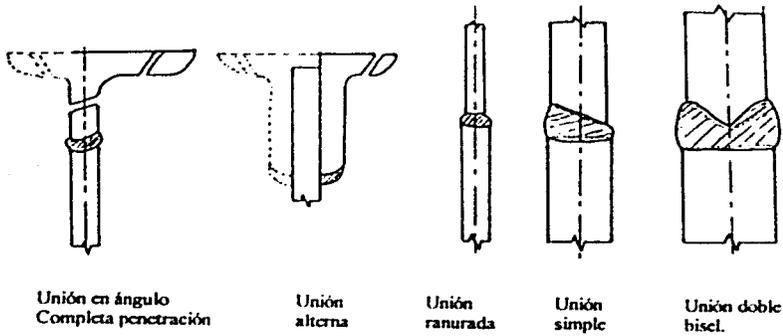
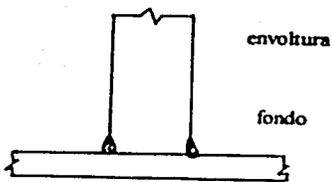
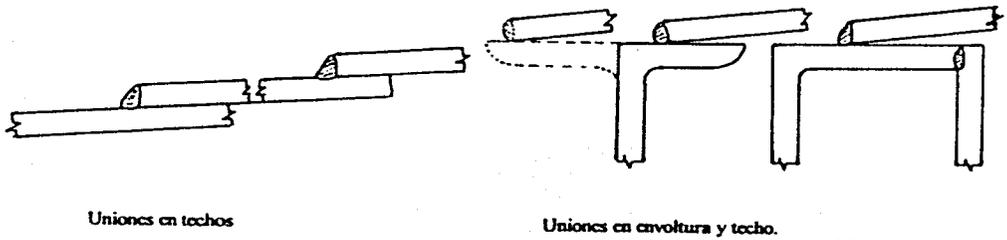
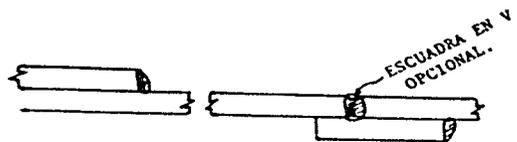


FIG. IV-2. Uniones horizontales en envoltura.



Uniones en fondo y envoltura.



Uniones en fondo.

FIG. IV-3. Uniones en fondos y techos.

Soldar traslapes en el fondo. Para soldar los traslapes los platos deberán ser rectangulares o cuadrados. Los platos anulares que se usan para empalmarse y soldarse no tendrán una anchura radial menor de 24 pg. entre el interior de la envoltura y cualquier traslape soldable.

Soldar uniones en el fondo. Para soldar estas uniones se aplica una tira no mayor de 1/8 pg ó mayor si se solda la parte posterior del plato, tres platos juntos nunca será mayor de 12 pg.

Soldadura de filete para fondo y envoltura. Las uniones entre la parte mas baja de la envoltura y el plato del fondo será mediante una soldadura de filete continua puesta en cada lado del plato de la envoltura. El tamaño de cada soldadura será no mayor a 1/2 pg y no menor al espesor nominal de 2 platos unidos, el tamaño de la soldadura no será mayor a los siguientes valores.

Espesor máximo de la envoltura (pg)	Espesor mínimo de la soldadura (pg)
De 0.1875	3/16
De 0.1875 a 0.75	1/4
De 0.175 a 1.25	5/16
De 1.125 a 1.75	3/8

Tabla IV-1. Espesor mínimo de la soldadura.

Los platos de la primera envoltura se unen a los platos anulares del fondo por una soldadura de filete por ambos lados soldándose con un mínimo de dos pases. Para platos anulares de 1/2 pg la soldadura es equivalente.

El espesor de la soldadura en refuerzos no deberá exceder los siguientes límites:

Espesor de la envoltura (pg)	Espesor máximo del refuerzo	
	Uniones Verticales.	Uniones Verticales.
Hasta 1/2, inclusive.	3/32	1/8
De 1/2 a 1, inclusive.	1/8	3/16
Mayor a 1.	3/16	1/4

Tabla IV-2. Espesor de la soldadura en refuerzos.

Uniones en vigas de viento. Para unir las secciones circulares se soldan mediante una penetración completa y continua según la localidad puede estar sujeta a corrosión por humedad atrapada.

Uniones en techos y ángulos superiores. Los platos de los techos son soldados por el lado de la cima por un continuo relleno de filete en todas las costuras. Estos se unirán al ángulo de la cima del tanque con una soldadura de filete continua por el lado de la cima. Los ángulos de la cima para techos de un solo apoyo serán soldados por sus extremos por una completa fusión y penetración sin aplicar el factor de eficiencia de juntas del cual se hablara posteriormente. Para techos cónicos de un solo apoyo de domo y del tipo de paraguas los bordes de los platos son opcionales. La envoltura no se proporcionara con ángulos en la cima menores de los siguientes tamaños.

Tanques de diámetro de 35 pies y menores	2 x 2 x 3/16 pg.
Tanques de diámetro entre 35 y 60 pies.	2 x 2 x 1/4 pg.
Tanques de diámetro mayor a 60 pies.	3 x 3 x 3/16 pg.

Dureza de la soldadura. La dureza del metal soldador se evalúa mediante una prueba de soldadura tomando en cuenta el calor de la zona. Las pruebas de soldadura vertical se harán cada 100 pies.

Inspección, pruebas y reparación. Cualquier material defectuoso o desperfecto que se encuentre se deberá repararlo o sustituirlo sin costo adicional. Cuando el tanque este lleno deberá estar libre de fugas.

La calidad de la soldadura será inspeccionada por los siguientes métodos:

- 1) **Probado de vacío.** Esta inspección se hace en aproximadamente 30 pg de la costura y consiste en cepillar con una solución de jabón de linaza o una película de petróleo la costura para después con una caja de metal se pone sobre la costura y se le aplica un vacío de por lo menos 2 lb/pg^2 . La presencia de porosidad en la costura es indicada por una burbuja o espuma producida por el aire que mana por la costura soldada.
- 2) **Mediante el llenado de agua en el tanque.** Antes de llenar el tanque con agua de prueba los refuerzos en soldaduras se prueban a una presión de hasta 15 lb/pg^2 de presión neumática sobre cada refuerzo. La operación de relleno se registrara frecuentemente, para tanques de techos ajustados la altura de relleno será de 2pg arriba del ángulo de doblado. Para tanques abiertos el relleno será hasta la cima del ángulo o el fondo de cualquier rebosadura que limita la altura del relleno.

Reparación de soldaduras. Toda falla, fractura o porosidad encontrada se repara con una adición de soldadura.

Consideraciones especiales. La selección del sitio, los factores de diseño son fundamentales para la construcción del tanque y para asegurar los apoyos adecuados.

IV-3) DISEÑO DE FONDOS.

Todos los platos para fondos tendrán un espesor nominal mínimo de ¼ pg. y no mayor a 2 pg incluyendo el factor de corrosión colocándose de manera que no haya distorsión y se obtenga una superficie plana.

Para platos inferiores, el fondo se proyectara cuando menos 1 pg más afuera del borde de la soldadura para unir el fondo y la envoltura.

Fórmula para el calculo del diámetro del plato anular.

$$t = \frac{390 t_b}{\sqrt{(H)(G)}}$$

donde:

$t_b \rightarrow$ espesor nominal del plato anular en pg.

$H \rightarrow$ altura máxima del líquido en pies.

$G \rightarrow$ gravedad específica del líquido que se va a almacenar.

El espesor de los fondos no debe ser mayor a los enlistados en la siguiente tabla.

Espesor nominal para la primera envoltura	Tensión Hidrostática de prueba para la primera envoltura (lb/ pg ²)			
$t < 0.75$	¼	¼	9/32	11/32
$0.75 < t < 1.00$	¼	9/32	3/8	7/16
$1.00 < t < 1.25$	¼	11/32	15/32	9/16
$1.25 < t < 1.50$	5/16	7/16	9/16	11/16
$1.50 < t < 1.75$	11/32	½	5/8	¾

Tabla IV-3. Espesor máximo en fondos.

IV-4) DISEÑO DE LA ENVOLTURA.

Materiales. Para la envoltura esta limitado a ½ pg de espesor para materiales del grupo I y II que están diseñados a una temperatura de metal mayor a 20 °F y los del grupo III y III-A diseñados a una temperatura de metal mayor a 40 °F. El espesor de la envoltura requerido debe ser mayor al diseñado incluyendo el factor de corrosión permitido y la pruebas hidrostática.

Factores de diseño. Los factores que deben considerarse para la construcción de tanques son:

- a.-) Temperatura del metal.
- b.-) Gravedad específica del liquido que se va a almacenar
- c.-) Corrosión
- d.-) Velocidad del viento.
- e.-) Cargas externas (magnitud y dirección).
- f.-) Dureza del metal.
- g.-) Diseño de las conexiones.

Uniones en la envoltura. Estas dependen del material y de los movimientos de la envoltura bajo las cargas hidrostática, conforme a los siguientes requisitos.

- a) Antes de cada prueba las uniones se soldan directamente a la envoltura, los bordes de cualquier soldadura permanente no será mayor a 3 pg en uniones horizontales ni mayores a 6 pg en uniones verticales.
- b) Las uniones temporales se remueven y cualquier daño se reparara antes de la prueba hidrostática.

Espesor de las envolturas. El minimo espesor para envolturas se calculara conforme a las tensiones en la junta vertical usando la siguiente fórmula:

$$t = (2.6) (D) (H-1) (G) / S_t + C. A$$

Donde:

t → espesor mínimo en pg.

D → diámetro nominal del tanque en pies.

H → altura en pies.

G → gravedad específica del liquido almacenado nunca mayor a 1.

S_t → máxima tensión en las juntas

C.A → factor de corrosión.

E → eficiencia de la junta (0.70 a 0.85)

En tanques pequeños la máxima tensión aplicada al factor de eficiencia en las uniones es de 21,000 lb/pg². El espesor nominal máximo de la envoltura será de 1/2 pg (18 mm) y no deberán ser menores a las enlistadas en la siguiente tabla.

Diámetro nominal del tanque (pies)	Espesor nominal (pg)
Menor a 50	3/16
50 a 120	1/4
120 a 200	5/16
Mayor a 200	3/8

Tabla IV-4. Espesor máximo en envoltura.

El diámetro de los platos preferentemente deberá ser menor a 72 pg. para las pruebas hidrostática los espesores computados serán mayores a los diseñados.

El diseño del espesor se computa dependiendo la gravedad específica del líquido que se va a almacenar.

La tensión calculada nunca será mayor ni menor deberá ser la calculada. Se verificara la estabilidad de la envoltura contra la velocidad del viento, si requiere vigas intermedias.

Las cargas en la envoltura serán sobre el plato o sobre los miembros en posición horizontal.

Las tensiones permisibles serán de 2/3 las fuerzas de rendimiento y de 2/5 las fuerzas tensoras.

Apertura en la envoltura. Las aperturas en la envoltura se diseñan para los diferentes tipos de flujo, conexiones y accesorios. En el fondo del tanque donde las cargas hidrostáticas son mayores se tiende a un torcimiento vertical por lo que las aperturas en esta zona se deben reforzar contra todo tipo de cargas, los refuerzos en esta zona tendrán una superficie uniforme y lisa con esquinas redondeadas excepto para superficies donde las uniones se soldan.

Refuerzos y soldaduras Todo refuerzo se hará dentro de una distancia sobre y debajo de la línea central de la apertura (excepto para conexiones en los tipos de flujo) igual a las dimensiones verticales del agujero. Los refuerzos se proveen por la combinación de los siguientes elementos:

- a) Una unión apropiada.
- b) El refuerzo del plato.
- c) La porción del cuello del montaje se considera como refuerzo
- d) Cualquier agujero en la cáscara tendrá las mismas dimensiones del espesor de la envoltura extra.
- e) El material de la boquilla usado como refuerzo tendrá de preferencia la misma fuerza tensora que la envoltura permitiendo.

Las siguientes partes del cuello pueden considerarse como refuerzo:

- I) La porción que se extiende interiormente y exteriormente en la superficie de la envoltura a una distancia igual a cuatro veces la pared del cuello.
- II) La porción queda dentro del espesor de la envoltura.

Las soldadura periférica exterior serán consideradas eficaces y se aplicaran alrededor del refuerzo.

La fuerza efectiva de las uniones se consideran como una resistencia a los valores de la tensión para la soldadura de filete.

La soldadura periférica exterior será igual al espesor de la envoltura o refuerzo del plato y no será menor a 1 ½ pg. La soldadura periférica interna será suficientemente grande para sostener la carga.

Boquillas en la envoltura. Las boquillas refurzan al plato y se instalan en un angulo de 90° al plato de la envoltura en un plano horizontal y provee de un refuerzo que aumenta al plato acorde al corte de la envoltura , el diametro del orificio será de ¼ pg y no mayor a 3pg tamaño nominal de la tubería para conexiones simples, el orificio se localiza en la línea central horizontal y estará abierta a la atmósfera, fig IV-4.

Las uniones con la tubería será instalada a un ángulo de 15° o menor con respecto a la perpendicular del plano vertical modificando el refuerzo de la boquilla.

El diámetro máximo del corte en la envoltura será: $D + 2 (R + T)$

D → Diámetro interior del marco.

R → Radio de la esquina

T → Espesor de la unión.

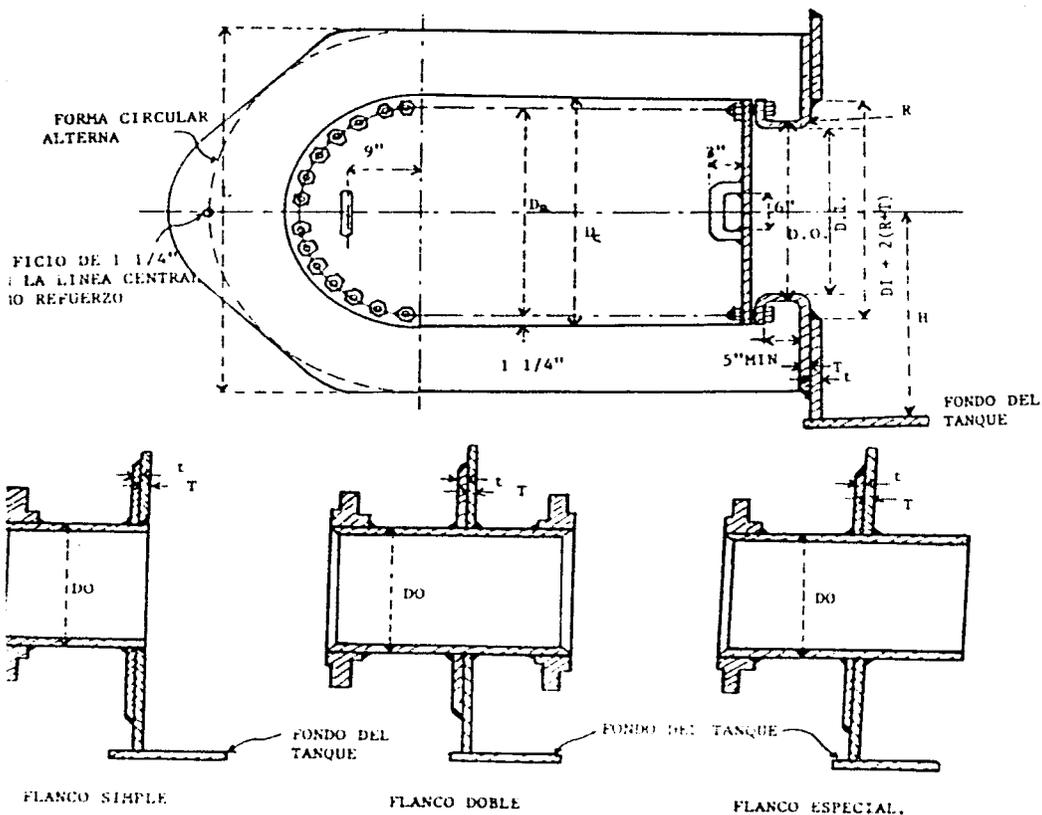


FIG. IV-4. Boquillas en envoltura.

Flujo para limpieza. La apertura será rectangular y las esquinas superiores tendrán un radio de $1\frac{1}{2}$ pg la altura de la apertura clara cuya altura no será mayor de 48 pg cuando el material sea de los grupos I, II, III, o III-A, y de 36 pg cuando el material sea del grupo IV, IV-A, o V, los refuerzos serán completamente preensamblados dentro de la envoltura y la unidad completa incluida en la envoltura. (Los espesores del limpiador nunca serán menores a $\frac{1}{16}$ pg ni mayores de $\frac{1}{8}$ pg), detalles en fig IV-5.

Los espesores de la envoltura en los platos reforzados así como los cuellos serán iguales. Los refuerzos se proveen por la combinación de los siguientes puntos:

- a) La envoltura del plato reforzada.
- b) Cualquier porción del cuello tendrá un espesor igual al del plato reforzado.
- c) Cualquier espesor del flujo limpiador tendrá un espesor mayor que el de la envoltura en curso.

La distancia mínima entre el fondo del tanque reforzado a la línea central de la apertura será de 10pg.

Cuando el flujo limpiador se instala en un tanque que descansa en tierra, la pared bajo el tanque se le hará un soporte apropiado por los siguientes métodos .

- I) Se instala un plato mampara de acero vertical bajo el tanque a lo largo del contorno de la envoltura simétrico a la apertura.
- II) Se instala una pared de concreto u hormigón debajo del tanque con su cara exterior conforme al contorno del tanque.
- III) Cuando un flujo limpiador se instala en un tanque que descansa en una pared circular, un corte se proporcionara para acomodar el montaje del flujo limpiador.
- IV) Cuando el flujo limpiador se instala en un tanque que descansa en tierra dentro de un fundamento que retiene la pared, un corte se proporcionara en la pared para acomodar el montaje que será dentro de la pared, teniendo un soporte y reteniendo el grado.

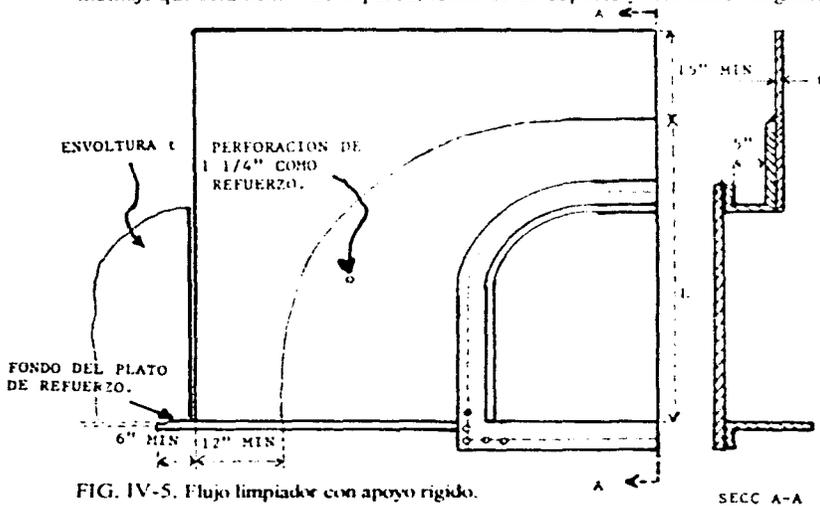


FIG. IV-5. Flujo limpiador con apoyo rigido.

Conexiones de flujo en la envoltura. Los tanque tienen las conexiones para el flujo en el borde mas bajo de la envoltura. Las conexiones del flujo en el fondo se hacen bajo las siguientes condiciones:

- a) Ningún levantamiento ocurrirá en la unión de la envoltura con el fondo.
- b) La tensión vertical de la membrana meridional en la envoltura en la cima de la apertura para las conexiones del flujo no excederán 1/10 las tensiones de diseño circunferencial en la parte mas baja que contiene la apertura.
- c) La máxima conexión al flujo de la apertura en la envoltura no excederá 36 pg.
- d) La máxima altura h de la apertura en la envoltura no excederá 12 pg.
- e) El espesor del plato anular en el ensamble será de 1/2 pg como minimo.

Los refuerzos de las conexiones o pre-ensamblado serán dentro de la envoltura. El ensamblado completo incluido la envoltura contiene las conexiones termales relevando las tensiones a la temperatura de 1100 a 1200 °F para periodos de 1 hr. / pg en la envoltura t_b . Los refuerzos para las conexiones del flujo serán conforme a las siguientes reglas.

- I) El área de la sección cruzada del refuerzo encima de la cima la conexión será mayor $k_1 h_c / 2$
- II) El espesor del plato para conexiones de flujo, el ensamblado será mayor a 1/16 pg y no mayor de 1/8 pg que el espesor de los platos adyacentes en la pared mas baja de la envoltura, (excepto para 8 x 8 pg en la apertura) para lo que los platos pueden ser de un espesor igual.
- III) El espesor de la envoltura que refuerza al plato será el mismo espesor que el plato que ensambla la conexión del flujo.
- IV) El refuerzo en el plano de la envoltura se proporciona dentro de una altura L, sobre el fondo de la apertura L y no excederá 1.5h, excepto para L-h no será menor a 6 pg en caso de aperturas pequeñas. Este resultado es una excepción a una altura L mayor de 1.5h solo esa porción del refuerzo se considera eficaz.
h → altura de la envoltura que refuerza al plato.
- V) El refuerzo requerido se provee por cualquiera de las siguientes combinaciones:

V.1) El refuerzo del plato

V.2) Cualquier espesor del plato ensamblado será mayor que el espesor de los platos adyacentes de la parte mas baja de la envoltura.

V.3) La porción del cuello tiene una longitud igual al espesor del plato reforzado.

VI) El diámetro del fondo del tanque reforzado será de 10 pg mas el espesor combinado de la envoltura ensamblada y el refuerzo del plato de la envoltura. El espesor del fondo que refuerza al plato t_b sera calculado por la ec:

$$t_b = h^2 / 14,000 \cdot h \cdot 280 H$$

El minimo espesor del fondo del plato reforzado t_b será de 5/8 pg para H= 48, de 11/16 pg para H= 56, y de 1/2 pg para H= 64.

VI) El espesor de la boquilla será igual al espesor del fondo reforzado t_b .

VII) El espesor del cuello de la boquilla t_n no será menor al espesor del fondo del plato reforzado t_b será igual al espesor de la envoltura.

Las conexiones al flujo se instala usando una almohadilla común reforzada. Sin embargo para su construcción se usa una distancia mínima entre la línea central de la boquilla que no será menor de $1.5 (b_1 + b_2 + 2 \frac{1}{2} pg)$ ó 24 pg, donde b_1 y b_2 son los diámetros de las aperturas adyacentes. Las conexiones adyacentes al flujo que no comparten el plato reforzado común por lo menos 36 pg de espacio entre los extremos de la almohadilla, ver detalles en la fig IV-6.

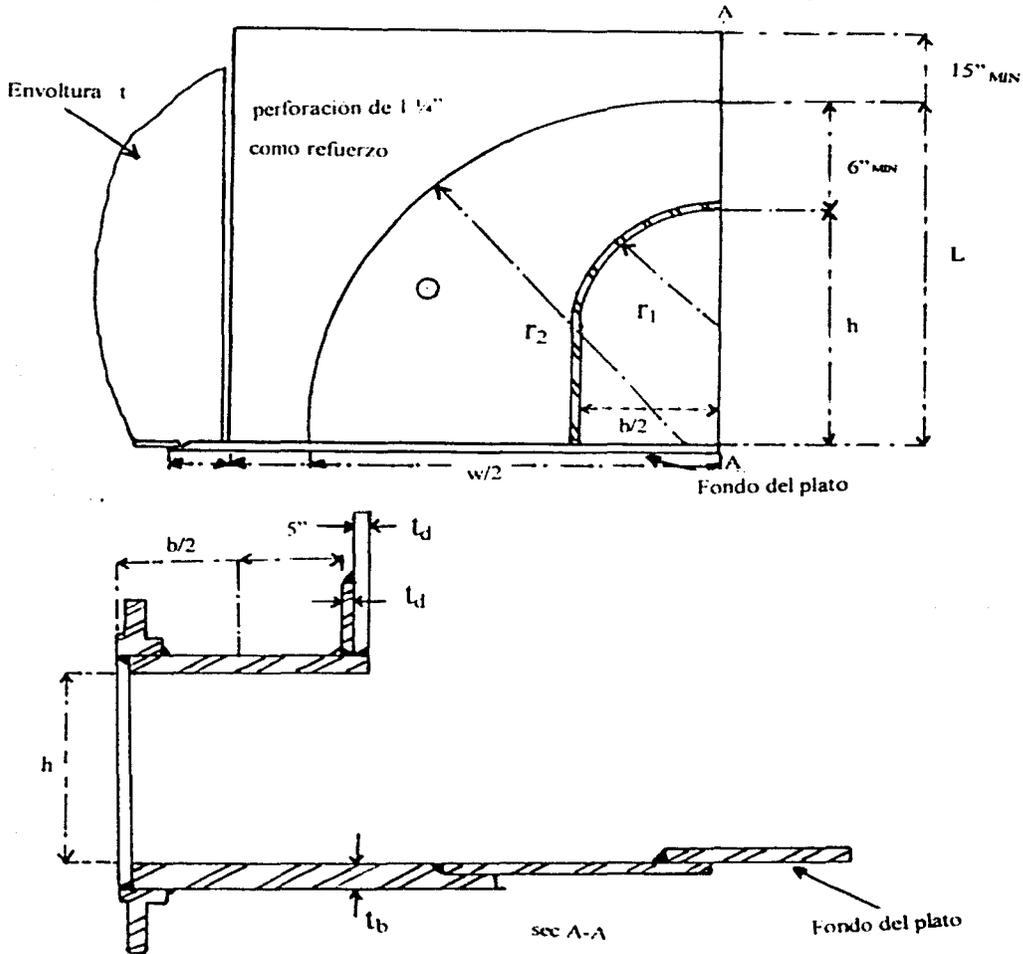


FIG. IV-6. Conexiones de flujo.

Diseño de vigas de viento superiores e intermedias. Para tanques que están abiertos se provee de anillos rígidos para mantener su redondez y sujetar el tanque contra las cargas de viento, estos se localizan en la cima o cerca de la cima y preferentemente en la parte exterior del tanque.

Fig. IV-7, sujeta a las siguientes restricciones.

- a) El tamaño mínimo del ángulo será de $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$ pg el espesor nominal mínimo de un plato para aumentarle un anillo rígido será $\frac{1}{4}$ pg.
- b) Cuando los anillos rígidos se localizan a más de 2 pies bajo la cima, estos tendrán una dimensión de $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{3}{16}$ pg para que cubra el ángulo de la cima para una envoltura de $\frac{3}{16}$ pg y con $3 \times 3 \times \frac{1}{4}$ para envolturas mayores de $\frac{3}{16}$ pg.
- c) Los anillos se diseñan para atrapar líquidos y proveer un adecuado drenaje.
- d) Los anillos rígidos se utilizan como andadores y tendrá una anchura no menor de 24 pg en la cima del tanque y preferiblemente debe localizarse a 5 pies, 6pg bajo la cima y se proporciona con un barandal como protección en el extremo.

Las vigas intermedias se localizan a una altura menor que H_1 La máxima altura de la envoltura no deberá exceder las siguientes dimensiones

$$H_1 = 6 (100 - (100 \sqrt{D})^3)$$

Donde :

$H_1 \rightarrow$ Distancia vertical entre la viga de viento intermedia y el ángulo superior la envoltura o la viga de viento superior en la parte superior del tanque.

$t \rightarrow$ Promedio de espesores de las envolturas

Donde el calculo se basa en que H_1 sea igual o menor que la altura real de la envoltura, si el calculo de H_1 sigue siendo mayor que la altura real de la envoltura la viga intermedia no es requerida o se usa un promedio de espesores. Las vigas intermedias se deben verificar para una adecuada protección contra la máxima presión del viento y no se unirán a la envoltura si están a una distancia menor a 6 pg de una junta horizontal excepto cuando la altura se excede.

La sección mínima requerida en pg³ de la viga intermedia se determina por la ecuación:

$Z = 0.0001 D^2 H_1$, donde las vigas intermedias se localizan a una altura menor que H_1 .

ESPESOR DE LA ENVOLTURA					
	3/16	¼	5/16	3/8	7/16
2 ½ x 2 ½ x ¼	0.41	0.42			
2 ½ x 2 ½ x 5/16	0.51	0.52			
3 X 3 X 3/8	0.89	0.91			
DETALLE A					
2 ½ x 2 ½ x ¼	1.61	1.72	-	-	-
2 ½ x 2 ½ x 5/16	1.89	2.04	-	-	-
3 X 3 X ¼	2.32	2.48	-	-	-
3 X 3 X 3/8	2.78	3.35	-	-	-
4 X 4 X ¼	3.64	4.41	-	-	-
4 X 4 X 3/8	4.17	5.82	-	-	-
DETALLE B					
2 ½ x 2 ½ x ¼	1.68	1.79	1.37	1.93	2.00
2 ½ x 2 ½ x 5/16	1.98	2.13	2.23	2.32	2.40
4 X 3 X ¼	3.50	3.73	3.89	4.00	4.10
4 X 3 X 5/16	4.14	4.45	4.66	4.82	4.95
5 X 3 X 5/16	5.53	5.96	6.25	6.47	6.64
5 X 3 ½ X 5/16	6.13	6.60	6.92	7.16	7.35
5 X 3 ½ X 3/8	7.02	7.61	8.03	8.33	8.58
6 X 4 X 3/8	9.02	10.56	11.15	11.59	11.93
DETALLE C					
4 X 3 X 5/16	11.27	11.78	12.20	12.53	12.61
4 X 3 X 3/8	13.06	13.67	14.18	14.60	14.95
5 X 3 X 5/16	15.48	16.23	16.84	17.34	17.74
5 X 3 X 3/8	18.00	18.89	19.64	20.26	20.77
5 X 3 ½ X 5/16	16.95	17.70	18.31	18.82	19.23
5 X 3 ½ X 3/8	19.75	20.63	21.39	22.01	22.54
6 X 4 X 3/8	27.74	28.92	29.95	30.82	31.55
DETALLE D					
b = 10	23.29	24.63	25.61	26.34	
b = 12	29.27	31.07	32.36	33.33	
b = 14	35.49	37.88	39.53	40.78	
b = 16	42.06	45.07	47.10	48.67	
b = 18	48.97	52.62	55.07	56.99	
b = 18	56.21	60.52	63.43	65.73	
b = 20	63.80	68.78	72.18	74.89	
b = 30	97.52	105.31	110.88	115.52	
b = 40	147.21	158.71	167.42	174.99	
DETALLE E					

Tabla IV-5. Anillos rígidos en envoltura.

IV-5) DISEÑO DE TECHOS.

Definición de techos.

1) *Techo de apoyo cónico.* Esta formado de una superficie cónica donde su apoyo proviene de los mismos techos, vigas o columnas. Las vigas tienen una profundidad mayor a 15 pg y un ángulo de inclinación mayor de 2 pg x 12 pg.

2) *Techo cónico de apoyo independiente.* Esta formado de una superficie cónica y apoyado solo por su periferia.

Angulo máximo = 37° (tg 9/12)

Angulo mínimo = 0.165° (inclinación 2 x 12 pg)

Espesor mínimo = $D / 400 \text{ sen } \Theta$ no mayor a 3/16 pg

Espesor máximo = $\frac{1}{2}$ pg

$D \rightarrow$ diámetro nominal del tanque

$\Theta \rightarrow$ ángulo del techo.

3) *Techo en forma de domo de apoyo independiente.* Esta formado de una superficie esférica apoyada por su periferia.

Radio mínimo = 0.8 D

Radio máximo = 1.2 D

Espesor mínimo = 3/16 pg

Espesor máximo = $\frac{1}{2}$ pg.

3) *Techo en forma de paraguas de apoyo independiente.* Es un techo de domo en forma de polígono regular apoyado por su periferia.

Todos los techos y apoyos estructurales se diseñan para apoyar cargas muertas o vivas uniformes no menores a 25 pies/pg², con un espesor nominal mínimo de 3/16 pg, agregándole la corrosión permitida.

Todos los miembros estructurales externos o internos tendrán un espesor nominal mínimo en cualquiera de sus componentes de 0.17 pg.

Uniones en techos. Las uniones entre el techo y los ángulos superiores no excederán 3/16 pg y su inclinación no excederá 2 pg en 12 pg.

Tensión permitida. Todas las partes de la estructura se dividirán para que la suma de las máximas tensiones estáticas no excedan los valores permitidos.

TECHOS FLOTANTES.

Diseño. El techo y los accesorios se diseñan y construyen conforme al nivel del líquido que flota en el techo.

Cubierta. Para líquidos con alto índice de evaporación se sugiere que los techos sean de contacto para eliminar la presencia de cualquier mezcla de vapor-aire debajo de la cubierta.

El espesor nominal del techo es de 3/16 pg (7.65 lb/pg²).

Los techos de doble cubierta y de puente se diseñan con una inclinación en el drenaje mínimo de 3/16 pg y preferentemente se guarda el mínimo.

Diseño del puente. El techo flotante deberá poseer suficiente flotabilidad para permanecer a flote sobre los líquidos con $G = 0.7$ y con un drenaje que reúna las siguientes condiciones:

La precipitación será de 10 pg en 24 hrs. con el techo intacto, excepto el de doble cubierta, que provee de desagües de emergencia para que el volumen de agua que se apoye en el techo no provoque riesgos, los drenajes de emergencia no permitirán al producto que fluya por el techo. La porción del puente en la cubierta simple y en el techo tipo puente se diseñan para tener fortaleza adecuada e impedir distorsión cuando la cubierta es cargada por la lluvia.

Puente. Cada compartimiento proveerá de un camino para cubrir de la lluvia.

Escaleras. El techo flotante se abastecerá de una escalera que se ajuste automáticamente a cualquier posición del techo de manera que provea acceso al techo, y se diseña la escalera para un viaje completo, si la escalera se enrolla tendrá un pasamanos de largo metraje sobre ambos lados.

Drenaje del techo. El drenaje primario es una manguera con una válvula check que se junta con la tubería de drenaje, dicha manguera está diseñada para reemplazarse en el tanque, donde la junta es empacada para prevenir goteras. El mínimo tamaño de la tubería será capaz de prevenir la acumulación de agua en el techo.

Respiraderos. Estos sirven para evacuar aire y gas debajo del techo durante el llenado.

Piernas de apoyo. El techo flotante provee de piernas para apoyar, estas se perforan para proveer de drenaje y su longitud se ajusta al lado de la cima del techo. Las piernas y uniones son diseñadas para apoyar el techo y sostener una carga de por lo menos 25 lb/pie². Donde la carga del techo se transmitirá a las piernas mediante diafragmas.

Sello. El espacio entre la periferia exterior del techo y el tanque será sellada por un dispositivo flexible que proveerá un cierre en la superficie.

Fabricación, erección, soldadura, inspección y prueba. Las pruebas para techo será la de penetración de petróleo, llenado de agua o vacío, durante estas pruebas el lado más bajo de la cubierta es examinado por la salida. El lado superior de la cubierta del puente se inspecciona por un pequeño hueco detector de soldadura. La tubería de drenaje y la manguera del sistema de drenaje tiene una prueba de presión de agua de 50 lb/pg². Durante las pruebas de flotación el drenaje y las válvulas se dejan abiertas y se observa la salida dentro de las líneas de drenaje.

TECHOS FLOTANTES INTERNOS.

TIPOS:

- 1) *Techo metálico de cacerola sin puente ni mampara* (en contacto con el líquido y con un borde periférico)
- 2) *Techo metálico de mampara*, la cacerola se diseña con mampara formando compartimientos abiertos en la cima (en contacto con el líquido y tiene abierta la mampara).
- 3) *Techo metálico de puente*, se diseñan con compartimientos cercanos a la cima (en contacto con el líquido y tiene cerrado el puente).
- 4) *Techo metálico de doble cubierta*, se diseñan dos cubiertas continuas con mampara internas formando compartimientos de flotabilidad (en contacto con el líquido).
- 5) *Techo metálico flotante*, (Cubierta descansa sobre líquidos).- Este techo flotante consiste en una cubierta apoyada por flotadores sobre la superficie de los líquidos. Esta diseñado para soportar por lo menos dos veces su peso muerto sin dañar los flotadores. Además tendrá un borde ajustado alrededor de la cubierta periférica extendiéndose por lo menos 4pg en el líquido para minimizar las pérdidas por vapor. Se provee de desagües automáticos.
- 6) *Techo metálico de emparedado* (en contacto con el líquido, los paneles rígidos cubren la superficie). Este techo provee flotación para apoyar por lo menos dos veces su peso muerto. Todos los bordes se sellaran para impedir entradas de líquidos. Cualquier derrame o condensación retornara el producto almacenado. Su superficie se diseñara para proveer una resistencia de por lo menos 0.000725 $\frac{1}{4}$ pie de corriente directa a 70 °F.

Diseño. El techo y accesorios se diseñan para permitir que rebosen los líquidos sin una atención manual a cualquier parte del techo.

- a) El techo flotante se diseña para flotar y descansar en una posición plana (el drenaje no requiere inclinación).
- b) Las costuras de los techos flotantes se exponen directamente al líquido o vapor de los líquidos.
- c) Todos los accesorios del techo estarán cuando menos a 6 pie arriba del líquido para contener turbulencias.
- d) El techo flotante interno se diseña para apoyar por lo menos a 2 hombres de 500 lb. sobre 1 pie² sin permitir que el producto escurra.
- e) Los cálculos de diseño se harán en base a un líquido de $G = 0.7$.

Materiales. Deberán ser compatibles con los líquidos almacenados y los materiales serán de Acero, Aluminio, Acero Inoxidable, Plástico.

Espesor mínimo. El espesor nominal mínimo requerido no incluyendo la corrosión será.

<i>Acero.</i>	En contacto con el vapor líquido	0.094 pg
<i>Acero inoxidable</i>	Cubierta	0.018 pg
	Flotante	0.050 pg
<i>Plástico</i>	Flotante	0.030 pg
<i>Panel o Espuma flotante.</i>	Metálico	0.014 pg
	Plástico	0.030 pg
<i>Aluminio</i>	Cubierta	0.018 pg
	Flotante	0.048 pg

Sello. El espacio entre la periferia exterior del techo y la envoltura se sella con un material flexible que provee un hermetismo en la parte superior del tanque, las escaleras, tuberías, columnas todo lo que penetre la cubierta será sellada, siendo este sello de poliuretano espumoso, uretano u otro material compatible (goma sintética).

Sellos periféricos. Los sellos periféricos se diseñan para acomodarse a una desviación de + 4 pg entre el techo flotante y la envoltura, la envoltura debe estar libre de cualquier material que dañe al sello o impida el movimiento libre.

Apoyos para techos. El techo flotante se proveerá de apoyos fijos ajustables. La altura del techo será ajustable a 2 posiciones, los apoyos impedirán daño al techo cuando el tanque este en posición de rebosadura. Los apoyos y uniones se diseñan para soportar cargas vivas uniformes de 12.5 lb/ ft² sobre el techo a menos que se equie con drenaje y otros accesorios para impedir la acumulación de líquidos. Estos techos se provee con flotadores para apoyar por lo menos dos veces su peso, sin daño a ningún flotador. Los desagües se cierran automáticamente. Los bordes se sellan para impedir entrada de líquidos.

APERTURAS Y ACCESORIOS.

Escaleras. El techo flotante se proporcionará de una escalera de mano que se diseña para el recorrido del techo y debe estar fija sobre el techo, la escalera no se debe unir al fondo del tanque a menos que constituya un movimiento vertical a la conexión superior.

Respiraderos (Presión / Vacío). Los techos flotantes internos se proporcionaran con respiraderos para prevenir tensiones en la cubierta del techo o en la membrana selladora. Los respiraderos serán adecuados para evacuar aire y gases debajo del techo y para soltar cualquier vacío generado debajo del techo después de instalar los apoyos.

CIRCULACION-RESPIRADEROS.

1.-Se localizaran aperturas en la envoltura o en el techo flotante cuando el tanque este lleno. Los espacios máximos serán de 32 pies pero en ningún caso habrá menos de cuatro coberturas igualmente espaciados. El área total de la apertura o respiradero será igual o mayor a 0.2 pies² por cada pie del diámetro del tanque. Los respiraderos se cubrirán con una malla resistente a la corrosión (1/2 pg de apertura) y se proporcionará con escudos de tiempo

2.- Un respiradero abierto de 50 pg² mínimo se proporcionara al centro o en la elevación mas alta del techo fijo, tendrá una tapa de tiempo con una malla resistente a la corrosión.

3.- Cuando se requiera cubrir gas la parte exterior del tanque será protegida por respiraderos de presión-vacio de acuerdo con las normas API.

Nivel del líquido y ramras de inundación Se proporcionaran aperturas que indiquen el llenado del tanque a su máxima capacidad. Cuando se usan ranuras de inundación se clasifican según el tamaño para descargar la bomba dependiendo las dimensiones del tanque y posición para que el llenado no ocasioné daños ni accidentes.

Dispositivo anti-rotación. Al techo se le debe proporcionar una guía anti-rotación para mantenerlo en una posición cerrada.

Caminos y puertas de inspección.

En tanques de techo fijo. Por lo menos se proveerá de una boca de inspección mínimo de 24 pg de diámetro interior que provea acceso al interior del tanque.

En tanques de techo flotante. Se proveerá por lo menos de una boca de inspección para acceso y ventilación cuando el techo esta en sus apoyos y esta vacio y será de 24 pg de diámetro interior y será del tipo de cubierta-suelta y la altura del cuello del camino impide a los productos fluir sobre el techo.

Compuerta de inspección. Se colocaran compuertas de inspección en el techo del tanque para permitir inspección visual en la región sellada y tendrá un espaciamiento de 75 ft y en ningún caso habrá menos de cuatro compuertas igualmente espaciadas.

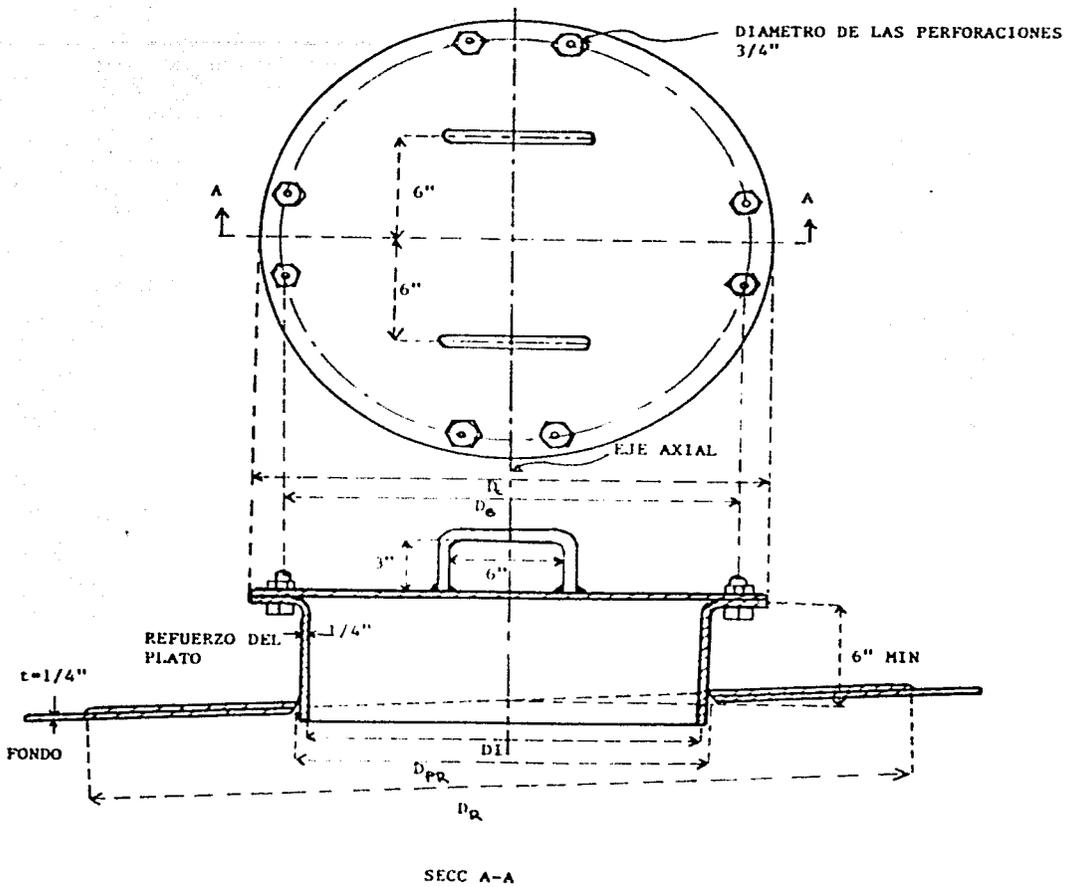


FIG. IV-8. Boquilla en el techo del plato reforzado.

IV-6) RECOMENDACIONES DEL SUBSUELO PARA CONSTRUCCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Construcción del subsuelo. En cualquier parte donde se vaya a construir un tanque de almacenamiento se debe conocer la naturaleza del subsuelo para saber si es capaz de sostener el peso del tanque, sus contenidos y conexiones.

Consideraciones del subsuelo donde no se deben construir tanques.

- 1) Los alrededores donde se vaya a construir el tanque debe estar libre de rellenos de roca (cascajo) u otras construcciones pesadas donde el subsuelo no sea homogéneo.
- 2) Sitios pantanosos donde el subsuelo sea fangoso o este relleno de vegetal compacto o materiales inestables o corrosivos.
- 3) Sitios donde haya cursos de agua o excavaciones profundas donde la tierra sea inestable.
- 4) Sitios donde adyacen construcciones pesadas, donde el subsuelo no es capaz de sostener el peso del tanque y su contenido.
- 5) Sitios donde los tanques estén expuestos a inundaciones.

Métodos probables para poder usar el terreno. Se deben remover los materiales inestables, y usar un relleno que reemplace a estos materiales. Dicho material debe ser compacto, duradero y no corrosivo, debe ser capaz de sostener el peso del tanque y su contenido.

Grado del tanque. Se sugiere que el fondo del tanque descansa por lo menos 1 pie arriba de la superficie del terreno y tenga un drenaje que ayude a mantener en fondo seco.

Se sugiere que la parte superior del subsuelo donde descansara el fondo del tanque tenga por lo menos 3 ó 4 pg de arena limpia, grava, piedra aplastada o un material similar que pueda formar un contorno apropiado para proteger el fondo de humedades del terreno. Cualquier material inestable debe quitarse y su reemplazo debe comprimirse completamente.

Se sugiere una inclinación desde la periferia al centro de 1 pg por cada 10 pies como mínimo. Si el fondo del tanque se construye sobre un plano de concreto para que actúe como cojin se provee el contorno apropiado para la inclinación.

Especificaciones sobre la tierra.

- a) Debe proveer un plano estable para el soporte del tanque.
- b) Se deben conocer las dimensiones del tanque para conectar tuberías.
- c) Se debe proveer un drenaje adecuado.

Fundamentos de tierra para una pared circular. Son de particular importancia los tanques de techo flotante pues observan distorsión en la envoltura. En cualquier otro caso donde las capacidades para aguantar las cargas es dudosa se recomienda una pared circular, fig IV-9.

Ventajas de una pared circular.

- a) Provee una mejor distribución de las cargas y mayor uniformidad de las cargas del subsuelo.
- b) Provee un plano mas sólido para la construcción del tanque.
- c) Suministra un mejor nivel y conserva su contorno durante su construcción.
- d) Retiene el material de relleno e impide la pérdida de material.
- e) Minimiza la humedad en el fondo del tanque.

Se recomienda que el espesor de la pared circular no sea mayor de 12 pg y el diámetro equivalente igual al diámetro nominal del tanque, la profundidad depende de las condiciones locales.

La pared circular se debe reforzar contra las temperaturas y debe resistir la presión lateral del relleno y las sobrecarga.

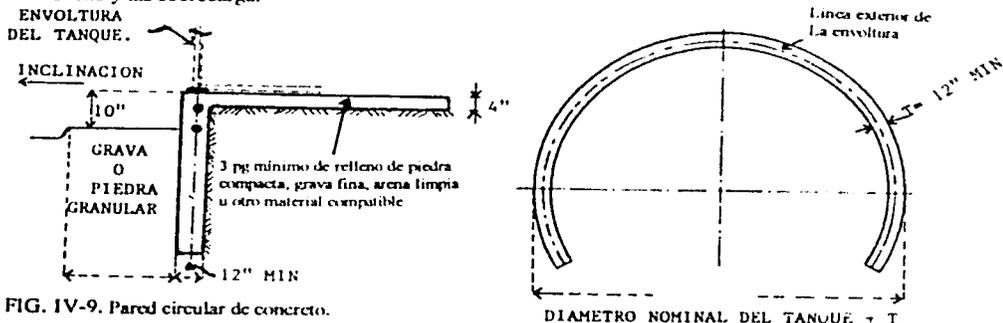
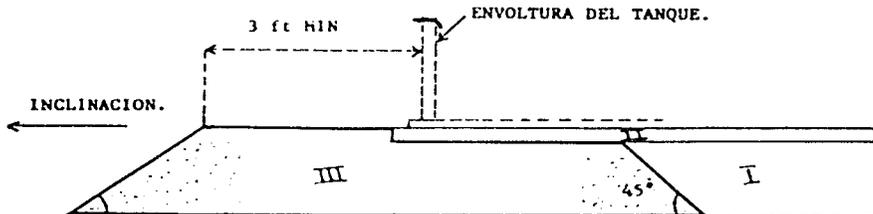


FIG. IV-9. Pared circular de concreto.

Ventajas de la tierra sin una pared circular.

Las propiedades de la tierra deben asegurar un buen funcionamiento fig IV-10, cumpliendo los siguientes detalles.

- a) Se debe proteger en la orilla (3 pies) contra escurrimientos y desgaste de la roca por construcción o cubrir con pavimento.
- b) La superficie se debe mantener plana y lisa.
- c) Debe proveer un drenaje adecuado lejos del tanque.



- I → Relleno de grava compacta, arena granular u otro material similar.
- II → 3 pg mínimo de relleno de piedra compacta, grava fina, arena limpia u otro material similar
- III → Piedra o grava granular

Nota:

El fondo de la base debe tener un nivel, se remueve cualquier material no conveniente y se reemplaza con otro material conveniente, compactandolo completamente.

FIG. IV-10. Ejemplo de una pared circular con piedra compacta

IV -7) RECOMENDACIONES PARA CONEXIONES DEBAJO DEL FONDO.

Recomendaciones básicas:

- a) Los espesores no deben ser mayores de $\frac{1}{2}$ pg.
- b) Los arreglos y detalles de las conexiones del fondo pueden variar para lograr la utilidad requerida (estrechez y fuerza para las condiciones prevalecientes).
- c) Los soportes de la tubería por la tierra y conexiones del fondo son evaluadas para confirmar la eficiencia y resistencia al líquido, estática y cargas dinámicas.
- d) Las condiciones del fondo usadas en tanques de techo flotante provee inconfundibles recursos para prevenir la entrada del producto al techo.

Combinación de anillo circular y bóveda de concreto

- a) La bóveda con techo de concreto proporciona apoyo al tanque y a la envoltura y también proporciona un refuerzo uniforme distribuido alrededor del anillo circular.
- b) Particular atención al relleno y compactación del anillo circular.
- c) Se considera las características de la tierra y las diferentes elevaciones del fondo, y el fondo de la bóveda profundas para acomodar conexiones.
- d) Detalles y dimensiones en (Fig. IV-11 y 12) y tabla IV-6. Las dimensiones de K son generalmente adecuadas para poner las conexiones fuera de la envoltura. Cuando el fondo del tanque tiene platos mas espesos, se recomienda proporcionar por lo menos 12 pg entre el borde de la conexión de la tubería o el plato reforzado y el interior del plato anular, o extender el grosor del plato anular si es necesario para abarcar la conexión del fondo.
- e) Para diseño de pisos, techos, paredes de concreto se deben de considerar las condiciones locales de la tierra.

Fundamentos de tierra (Fig. IV-11 y 12)

- a) Si el anillo circular de concreto no se proporcionan los detalles se debe proporcionar un arreglo alternado.
- b) La tierra y relleno deben soportar las cargas para tener un arreglo uniforme, sencillo y razonable.
- c) Cuando la tubería se conecta al fondo a un cierto ángulo se debe considerar el diseño de las fuerzas desbalanceadas, o si la tubería se arregla al flujo del fondo.
- d) Las cargas inducidas sismicas bajo el fondo del tanque y la envoltura debe ser considerada al seleccionar la profundidad y el tipo de relleno encima de la tubería.

D	DIMENSIONES (IN.)									
	B/2	E	F	G	H	J	K	L	W/2	T'
6	21	9	14	30	23	12	44	78	36	5/8
8	22	10	16	32	26	12	45	81	37	5/8
12	24	12	18	34	30	12	47	85	39	5/8
18	27	15	20	37	35	12	51	92	42	5/8
24	30	18	24	41	42	12	55	100	45	5/8
30	33	21	30	45	51	12	59	108	48	5/8
36	36	25	36	50	61	12	64	118	51	5/8
42	39	28	42	54	70	12	68	126	54	5/8
48	42	32	48	58	80	12	72	134	57	5/8

Tabla IV-6. Conexiones debajo del fondo

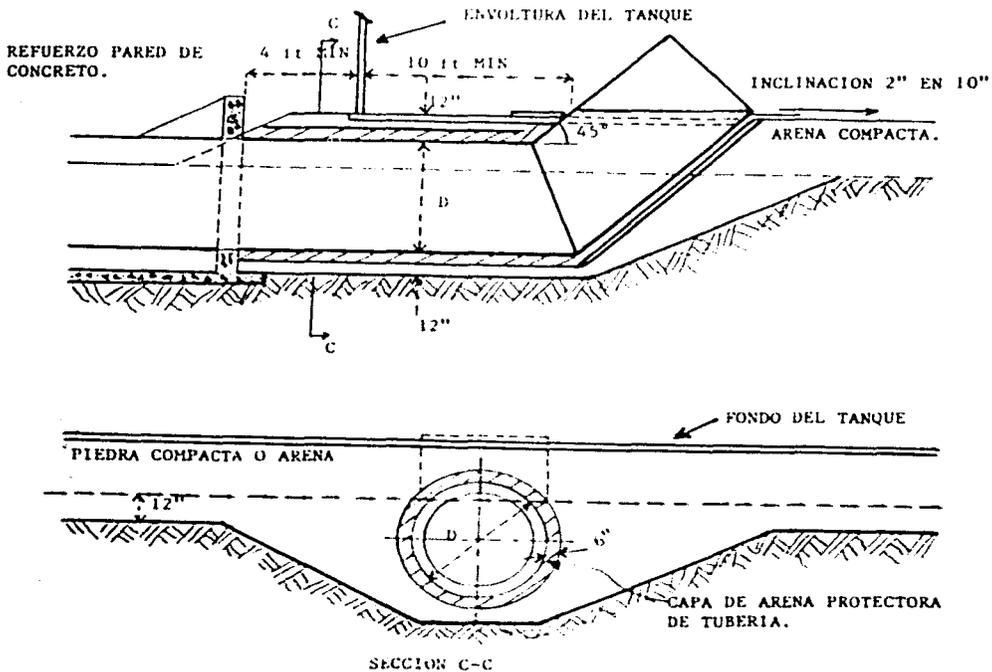


FIG. IV-11. Ejemplo de una conexión bajo el fondo.

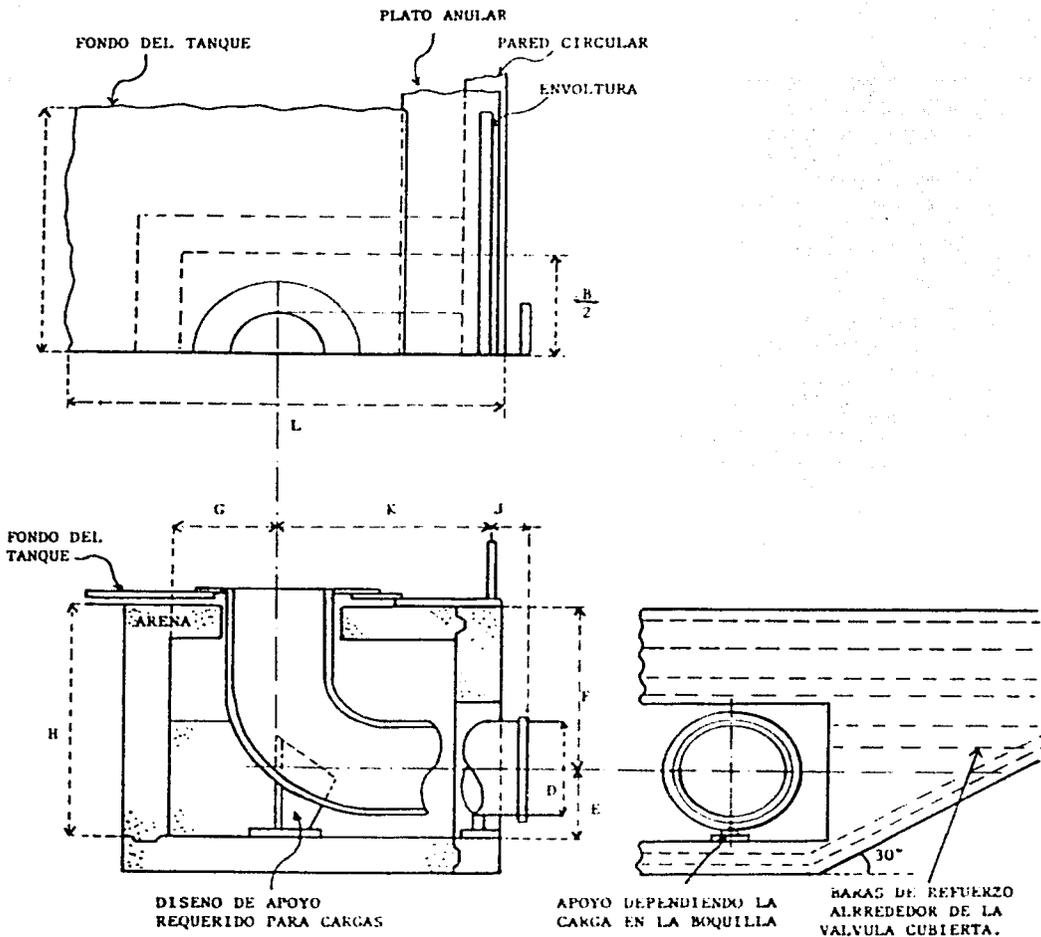


FIG. IV-12. Ejemplo de una conexión de fondo con una pared de concreto.

IV-8) REQUISITOS ADICIONALES PARA TANQUES QUE OPERAN A TEMPERATURAS ELEVADAS.

Esta sección especifica los requisitos adicionales para Tanques normales cuya operación de metal excede los 200 °F.

Los siguientes tanques no se usan para operar a temperaturas mayores de 200 °F.

- a) Tanques con la cima abierta.
- b) Tanques con techo flotante.
- c) Tanques con lamina atornillada en la puerta.

Los techos flotantes son usados para operar en temperaturas de 200 °F considerando la presión de vapor del líquido, los sellos y materiales no metálicos son convenientes para esta temperaturas.

Efectos Térmicos que se deben considerar para tanques que operan a temperaturas mayores de 200°F.

- a) Las diferentes temperaturas entre el fondo y las porciones más baja de la envoltura resulta de factores como el método y sucesión de relleno y calentado así como del grado de circulación interna y la pérdida de calor de la envoltura con la atmósfera, con esta diferencia de temperaturas se provee de un aumento en la flexibilidad de las tuberías.
- b) Dependiendo el método de relleno y calentamiento las diferentes temperaturas entre miembros como techo, envoltura y fondo.
- c) Cuando a los contenidos no se les permita solidificar y se calientan, los efectos termales en columnas , vigas y techos también es posible el aumento de solidos que puedan tapar el sistema de apertura.

Modificaciones en tensiones y espesores. En tanques cuya temperatura exceden los 200 °F (I, II, III, IIIA) las tensiones se deben modificar, las tensiones aceptables serán reducidas por la proporción del material y por la fuerza de la temperatura de diseño de 27,300 lb/pg² si esta proporción es menor de uno, para determinar el producto de la fuerza del material, se multiplica el minimo material especifico por la fuerza de la temperatura del cuarto por el factor como sigue:

Diseño de temperatura °F	Factor de reducción
200	0.91
300	0.88
400	0.85
500	0.80

Tabla IV-7. Factor de reducción por temperatura.

La tensión de 21,000 lb/pg² para el calculo del espesor de la envoltura será modificado cuando se requiera por los factores de la tabla anterior.

La tensión permisible en las estructuras depende del modulo de elasticidad del material y reduce la tensión producida por el material y el diseño de 30,000 lb/pg² si es menor que uno por el producto de la tensión de reducción del factor.

IV-9) DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO EN ZONAS SÍSMICAS.

Esta sección establece recomendaciones básicas para el diseño de tanques de almacenamiento sujeto a cargas sísmicas. El proceso de diseño considera dos formas de respuesta (tanque y contenido).

- a) La amplitud y frecuencia de los movimientos de la tierra, de la envoltura, del fondo y del techo.
- b) Los volúmenes almacenados que están expuestos al derrame.

El diseño requiere la determinación de las masas hidrodinámicas y de las fuerzas laterales resultantes del movimiento de la tierra. Se debe proveer estabilidad al tanque para prevenir volcaduras.

DISEÑO DE LAS CARGAS.

Las volcaduras debido a fuerzas sísmicas aplicadas al fondo de las envolturas se determina como sigue:

$$M = ZI (C_1 W_e X_e + C_1 W_r H_1 + C_1 W_1 X_1 + C_2 W_2 X_2)$$

Donde:

M → Momento de la volcadura aplicada al fondo en pies-lb.

Z → Coeficiente sísmico según zona sísmica y la tabla IV-5

I →

C₁ y C₂ → Coeficientes de fuerza lateral de la zona sísmica.

W_e → Peso total de la envoltura del tanque en lb.

X_e → Distancia del fondo al centro de gravedad de la envoltura, en pies.

W_r → Peso total del techo del tanque (fijo o flotante) en lb.

H₁ → Altura de la envoltura en pies.

W₁ → Peso o masa efectiva del contenido del tanque en lb.

X₁ → Altura de la envoltura al centro de las fuerzas laterales sísmicas aplicadas a W₁ en pies.

W₂ → Peso efectivo de los contenidos desalojados en lb.

X₂ → Distancia del fondo del tanque al centro de las fuerzas sísmicas aplicadas a W₂ en pies.

Coeficiente sísmico	Zona sísmica según el sitio
0.1875	1
0.375	2
0.75	3
1.0	4

Tabla IV-8. Coeficiente sísmico de la zona.

Masa efectiva contenida en el tanque. Las masas efectivas W_1 y W_2 , se determinan multiplicando W_t por la razón W_1/W_t y W_2/W_t , respectivamente obtenidos por la gráfica IV-1 por la razón D/H .

Donde:

W_t → Peso total del contenido del tanque, en lb.

D → Diámetro nominal del tanque en pies.

X_1 y X_2 → Se determina multiplicando H por la razón X_1/H y X_2/H respectivamente obtenidos de la gráfica IV-2 por la razón D/H .

COEFICIENTES DE FUERZAS LATERALES.-

C_1 → Se toma como 0.24

C_2 → Se determina como una función del periodo natural en el primer momento de la volcadura, T , y las condiciones del suelo en el sitio donde se encuentre el tanque.

Donde:

Si T es menor o igual a 4.5 $C_2 = 0.30 S/T$

Si T es mayor a 4.5 $C_2 = 1.35 S/T$

Donde:

S → Factor de ampliación según el sitio con la tabla IV-6.

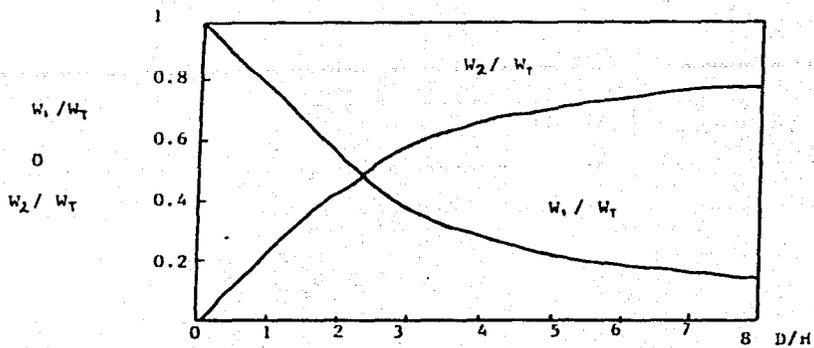
T → Periodo natural de la 1ª volcadura en seg. donde T se determina por la siguiente expresión.

$$T = kD^{1/2}$$

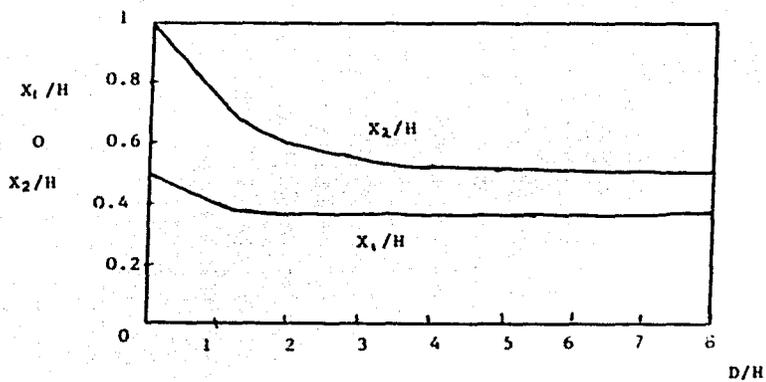
k → Factor obtenido por la gráfica IV-3. Con la razón D/H .

Tipo de suelo	Factor de ampliación según el sitio
A	1.0
B	1.2
C	1.5
Desconocido	1.5

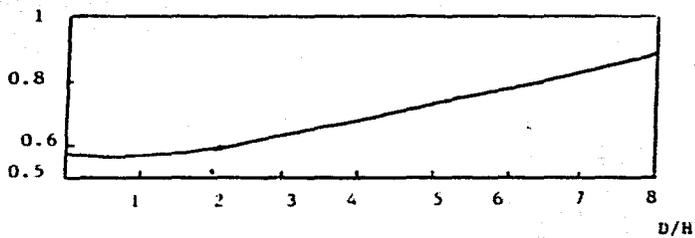
Tabla IV-9. Factor de ampliación.



Gráfica IV-2



Gráfica IV-4



Gráfica IV-3

CAPÍTULO V

TIPOS DE PROTECCIÓN A TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

La mejor manera de proteger a tanques de almacenamiento de líquidos inflamables, contra el fuego es mediante el diseño de un sistema a base de concentración de espumas.

Como Escoger el Sistema Apropiado:

Determinando el tipo de líquido (inflamable o combustible) que va a ser almacenado en el tanque, generalmente estos líquidos se dividen en dos.

- a) *Líquidos de Hidrocarburos.* - Se refiere a los líquidos que no son solubles en agua como el aceite crudo, gasolina, combustibles de petróleo, etc...
- b) *Líquidos de Solventes Polares.* - Se refiere a los líquidos que no son solubles en agua como los alcoholes, kerosenos, éteres, etc...

Nota:

Se debe tener cuidado en la aplicación de espumas a fluidos de viscosidades altas que se calientan a una temperatura mayor de 200 °F (93 °C), y a tanques que contienen aceites calientes, asfaltos y líquidos ardientes.

V-1) MÉTODO DE LA CÁMARA DE ESPUMA.

Este método consiste en la instalación de una o más cámaras de espuma instaladas en la cima de la envoltura del tanque justo debajo de la unión del techo y la envoltura sobre el nivel del producto. Las cámaras están diseñadas para producir una espuma airada que pasa a través de una serie de dispositivos de agitación mecánica diseñados para aumentar la expansión de la espuma y depositarla directamente en la superficie del líquido almacenado.

Las cámaras se ajustan con un sello de vapor localizado en la parte superior de la tubería de descarga que esta conectada al tanque de almacenamiento. El sello de vapor previene el escape de vapores del producto a la atmósfera, también previene el escape del producto en la cámara en caso de una situación de sobrelenado.

La Cámara de Espuma tiene un deflector que se localiza dentro de la envoltura del tanque, su función es la de desviar la descarga contra la envoltura produciendo una dispersión espumosa suave en la superficie del combustible, reduciendo la cantidad de sumersión.

Proporción de espuma aplicada. La solución mínima de espuma aplicada en la mayoría de los casos será de 0.1 gpm/pie² (4.1 lpm/m²) en el área de la superficie de los líquidos almacenados. Sin embargo algunos fluidos requieren porcentajes mayores, las pruebas indican que la inyección máxima es de 0.2 gpm/pie² (8.2 lpm/m²) ó dos veces la proporción normal. Los concentrados de espuma suministrados deben ser suficientes para operar el sistema por un mínimo periodo de tiempo dependiendo del líquido almacenado. El tiempo de descarga mínimo para cámaras MCS se enlista en la tabla V-1

Producto	Tiempo Mínimo de operación (min.)
Lubricantes de aceite, residuos viscosos secos, combustibles de petróleo, etc. Con punto de ebullición mayor de 200 °F (93 °C)	25
Kerosenos, Aceites, Diesel, etc. Con punto de ebullición entre 100 °F (38 °C) y 200 °F (93 °C)	30
Gasolina, Naftalina, Benzol, y Líquidos Similares; con punto de ebullición menor 100 °F (38 °C).	55
Petróleo Crudo	55

Tabla V-1. Tiempo mínimo de operación de la cámara .

Numero de cámaras de espuma El numero de cámaras del espuma que se requiere es determinado por el diámetro del tanque, se espaciaron igualmente alrededor de la circunferencia del tanque. Las cámaras se diseñan para entregar el mismo porcentaje de espuma, la tabla V-2 muestra el numero de cámaras dependiendo el diámetro del tanque.

Diámetro del Tanque en pies (m)	Numero de Cámaras.
Menores de 80 (24.4)	1
De 80 a 20 (24.4 a 36.6)	2
De 120 a 140 (36.6 a 42.7)	3
De 140 a 160 (42.7 a 48.8)	4
De 160 a 180 (48.8 a 54.9)	5
De 180 a 200 (54.9 a 61)	6

ABLA V-2. Cámaras de espuma requeridas.

Cantidad de concentrado de espuma Los concentrados de espuma suministrados deben ser suficientes para operar el sistema por un mínimo periodo de tiempo dependiendo del líquido almacenado . El tiempo de descarga mínimo para cámaras MCS se enlistan en la tabla V-1. Una cantidad adicional será necesaria para el uso del flujo suplementario será de 50 gpm (190 lpm) debe mantenerse para protección del fuego y para evitar derrames. El concentrado de espuma adicional que se debe suministrar debe permitir el funcionamiento simultaneo de las boquillas portátiles en el sistema del tanque. El numero mínimo de boquillas y el mínimo tiempo de operación se especifica en la tabla V-3

La cantidad de concentrado de espuma se determina como sigue:

$$\text{Total de Concentrado} = A \times R \times \% \times t$$

A → Área del tanque

R → Aplicación del porcentaje generalmente 0.1 gpm/pie²

% → Porcentaje del concentrado (3% o 6%)

t → Flujo suplementario de espuma.

AxR → Flujo de solución requerida para el tanque.

Altura del tanque pie (m)	Numero Minimo de Descargas	Tiempo Minimo de Operación (min.)
Menores de 35 (10.6)	1	10
De 35 a 65 (10.6 a 19.8)	1	20
De 65 a 95 (19.8 a 28.9)	2	20
De 95 a 120 (28.9 a 36.6)	2	30
Mayores de 120 (36.6)	3	30

Tabla V-3. Tiempo mínimo de operación y número mínimo de boquillas

Tamaño de la cámara de espuma. El tamaño de la cámara depende de la capacidad de la cámara de espuma requerida y de la capacidad según la entrada de presión disponible por el fabricante.

Generalmente la presión de entrada mas alta y la calidad de la espuma mas apropiada la selecciona el fabricante.

La cámara MCS tipo A varia su presión de entrada entre 40 y 100 psi.

Factor de instalación. Al instalar las cámaras de espuma en un tanque se debe determinar el tipo de deflector. Si las condiciones de entrada permite la instalación de la cámara dentro del interior del tanque, se utiliza una cámara soldada con un deflector sólido o una cámara de espuma atornillada con un deflector sólido. Cuando no es posible instalarlas dentro del interior del tanque se usa una cámara de espuma atornillada con un deflector dividido. La fig V-1 nos muestra el procedimiento de instalación.

Cierre de la cámara de espuma. El almacenamiento en tanque de techo cónico presenta un problema especial cuando la cámara de espuma es instalada. Muchos monómeros comunes reaccionan con vapor de agua produciendo polimerización del producto y formando depósitos sólidos. Después de un periodo de tiempo bloquea la salida de la cámara de espuma dentro del tanque.

Los cierres de la cámara de espuma se diseñan para impedir la formación de depósitos sólidos que podrían afectar la descarga de espuma dentro del tanque. Un cierre en la cámara impide que los vapores alcancen el cuerpo de la cámara donde puede existir humedad por condensación. El cierre de la cámara es diseñado para funcionar a presión baja en la descarga, permitiendo el flujo de espuma en la superficie del tanque. Se recomienda un programa de mantenimiento a la cámara para inspeccionar el área de descarga y el deflector para los posibles depósitos.

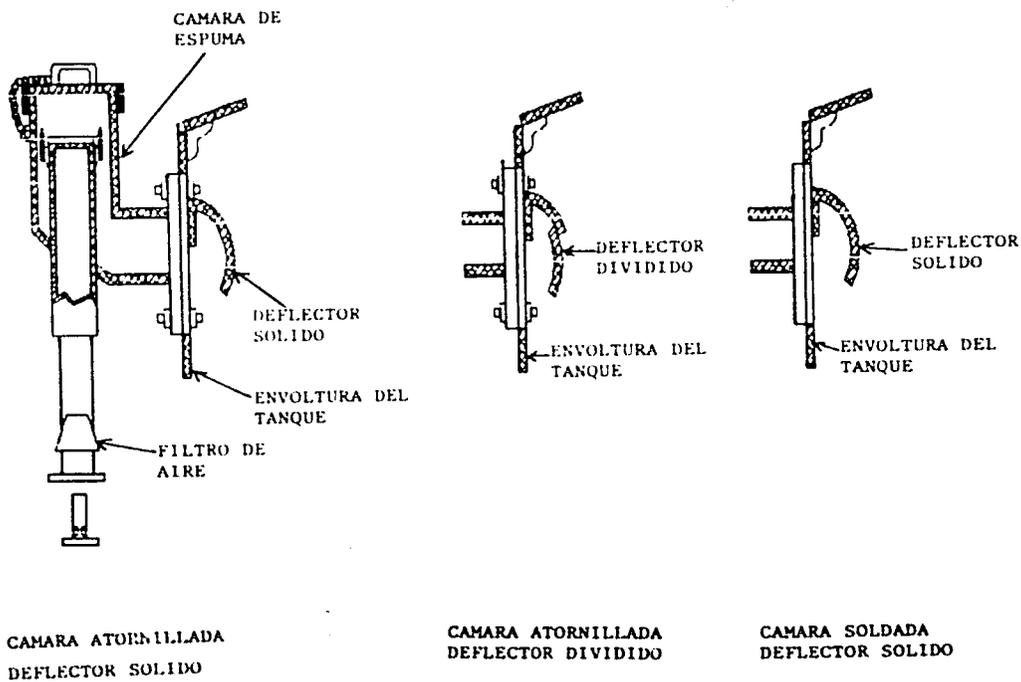


FIG. V-1. Ensamblado general de una cámara de espuma MCS tipo A.

V-2) MÉTODO DEL MONITOR

Las boquillas de espuma de monitor entregan espuma directamente en la superficie ardiente con sumersión y agitación considerable.

Los monitores se usan para protección de tanques verticales con diámetro menor a 60 pie (18m), se usan en lugar de las camaras de espuma. No se recomienda su uso en tanques de techo flotante debido a la dificultad para dirigir el flujo de espuma dentro del área de sello y por peligrar el hundimiento del techo.

Los monitores montados provee flexibilidad y protección al dique, son operados manualmente, automáticamente o a control remoto.

Las descargas se harán dentro del área de dique y lo monitores se localizaran fuera del área de dique considerando cuidadosamente la cantidad y colocación de los monitores para minimizar las perdidas por los efectos del viento y los tiempos adversos.

Cuando las descargas de monitor se realizan en forma compacta a alta velocidad, el flujo de espuma será directo sobre la pared del dique, superficie del tanque u otra estructura para prevenir movimientos directos dentro de la superficie del liquido ardiente.

Cuando se usan las boquillas de monitor para protección de Solventes Polares las boquillas deben tener una aspiración de aire.

La velocidad mínima de aplicación de concentrado de espuma es de 0.16 gpm/pies² (6.5 lpm/m²) directamente sobre el área de protección, considerando las perdidas por factores como el viento y otros. El tiempo de concentrado de espuma se calcula según el liquido almacenado con base en tabla V-4.

Producto	Tiempo mínimo de descarga (min.)	Velocidad mínima de aplicación	
		(gpm/pie ²)	(l.p.m/pie ²)
Lubricantes de aceite, residuos viscosos secos, combustibles de petróleo, etc. Con punto de ebullición mayor de 200 °F (93 °C)	35	0.16	6.5
Kerosenos, Aceites, Diesel, etc. Con punto de ebullición entre 100 °F (38 °C) y 200 °F (93 °C)	50	0.16	6.5
Gasolina, Naftalina, Benzol, y Líquidos Similares; con punto de ebullición menor 100 °F (38 °C).	65	0.16	6.5
Petróleo Crudo	65	0.16	6.5

Tabla V-4. Protección de Monitores para Tanques de Almacenamiento.

V-III) MÉTODO DE BOQUILLA DE ESPUMA PORTÁTIL.

Este método consiste en la instalación de tuberías verticales desde la superficie de la tierra hasta la plataforma. La plataforma tiene una conexión a una línea para control del fuego. La boquilla de espuma portátil se instala para descargar directamente espuma en el área de sello debajo de la plataforma. El operador lleva la boquilla de espuma portátil bajo la escalera o alrededor de la viga de viento y descarga espuma dentro del área de sello que esta quemándose, este método se ilustra en la fig V-2 para boquilla portátil

Las boquillas de espuma portátil son generalmente usadas como protección auxiliar en conjunto con un sistema fijo de tuberías. Son convenientes bajo condiciones limitadas para protección de tanque de almacenamiento pequeños de techo fijo no mayores a 30 pies de diámetro ni menores de 20 pies de altura y para tanques de techo flotantes.

Al usar boquillas portátiles o un sistema tipo monitor las boquillas usadas deben aspirar aire.

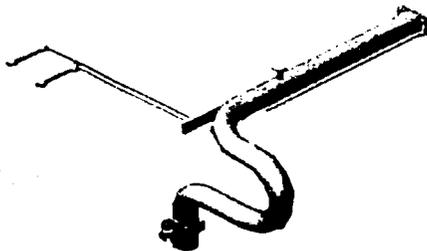


FIG. V-2. Monitor.

IV-4) MÉTODO DE LA CAMARA MÚLTIPLE.

En este método la cámara se encuentra montada sobre la cima de la envoltura y la descarga de espuma es dentro del área de sello. El método requiere de un dique que normalmente mide entre 12 y 24 pg de altura normalmente para mantener la espuma encima del sello.

La aplicación de espuma se ilustra en la fig V-3 donde se instala un sello secundario y el dique de espuma debe extenderse por lo menos 2 pg (51 mm) sobre la cima del sello secundario. Si el dique tiene una altura de 12 pg el espaciamento entre cámaras será de 40 pies (12.2m) Si el dique tiene una altura de 24 pg el espaciamento entre cámaras será de 80 pies (24.4m)

La circunferencia del tanque determina en numero de cámaras necesarias para la aplicación de espuma.

La aplicación y el suministro de espuma se calcula usando el área del anillo anular entre el dique circular y la envoltura del tanque según la tabla V-5 para aplicaciones y tiempos.

Con este sistema la espuma es aplicada por la cámara y fluye a diferentes presiones la instalaciones se muestran en la fig V-3.

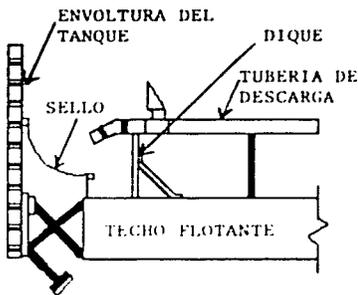
Se recomienda no instalar un dispositivo de sello de vapor (diafragma) cuando se usa este sistema de cámaras de espuma pues el sello puede impedir el funcionamiento correcto de la cámara.

El flujo Suplementario mínimo de espuma será de 50 gpm (190 lpm) y debe mantenerse para evitar derrames el tiempo mínimo se especifica en la tabla V-3. Deben proporcionarse suministros adicionales de espuma para permitir el funcionamiento simultaneo con el sistema del tanque.

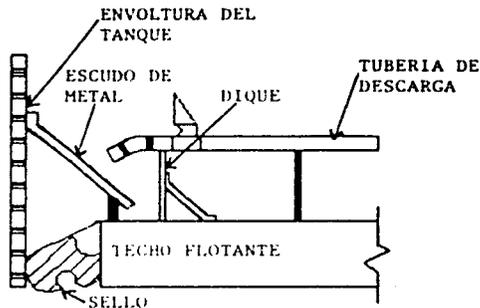
Este sistema no es una posibilidad para proteger Tanques Horizontales.

Detalle de aplicación de espuma sobre la zapata.					
Tipo de sello	Velocidad mínima de aplicación (gpm/ft ² ó Lpm/m ²)	Tiempo mínimo de descarga (min.)	Espaciamento entre descargas		Detalle de aplicación
			12 pg (pies ó mts)	24 pg (pies ó mts)	
Zapata mecánica	(0.3 ó 12.2)	20	(40 ó 12.2)	(80 ó 24.4)	A
Tubo o escudo de metal	(0.3 ó 12.2)	20	(40 ó 12.19)	(80 ó 24.4)	B
SELLO			SECUNDARIO		
Combustible o metal combustible fabricado en secciones	(0.3 ó 12.2)	20	(40 ó 12.19)	(80 ó 24.4)	C
Todo el sello de metal secundario	(0.3 ó 12.2)	20	(40 ó 12.2)	(80 ó 24.4)	D

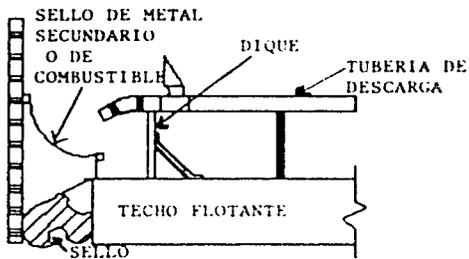
Tabla V-5. Protección por descargas fijas de espuma para sellar la cima en tanques de Almacenamiento



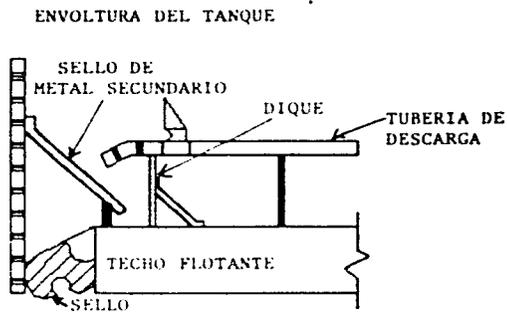
DETALLE A. APLICACION SOBRE EL SELLO
DESCARGA DE ESPUMA SOBRE
LA ZAPATA MECANICA.



DETALLE B. APLICACION SOBRE EL SELLO
DESCARGA DE ESPUMA SOBRE EL
ESCUDO DE METAL.



DETALLE C. APLICACION SOBRE EL SELLO
DESCARGA DE ESPUMA SOBRE EL SELLO
SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE O SELLO
DE METAL SECUNDARIO



DETALLE D. APLICACION SOBRE EL SELLO
DESCARGA DE ESPUMA SOBRE
EL SELLO DE METAL SECUNDARIO

FIG. V-3. Arreglo de espumas, metodo de la camara multiple.

V-5) METODO, SISTEMA CATENARY.

El sistema catenary consiste en el diseño de una serie de tuberías espaciadas uniformemente en el techo del tanque cerca del sello.

Las tuberías se conectan a una sección común uniéndose a una manguera flexible que se monta encima de la escalera.

El extremo final de esta manguera termina en la plataforma superior donde se conecta a una tubería vertical debajo de la envoltura y en la parte exterior del dique como lo indica la fig V-4.

Durante un incendio la solución de espuma se bombea a baja presión a través de la tubería vertical y de la manguera flexible. El sistema de descarga cae bajo el sello directamente en la superficie del líquido inflamable o sobre el sello.

El sistema Catenary se diseña para descargar espuma sobre el sello primario, sobre el escudo de metal, o sobre el escudo secundario, el espacio entre cada descarga será determinado por la altura del dique de espuma.

Cuando se instala el sello secundario el dique de espuma se deberá extender por lo menos 2 pg (50.8mm) sobre la cima del sello secundario.

El sistema demanda una solución de flujo que es calculada multiplicando la aplicación (gpm/pie^2 o lpn/m^2) por el tiempo en el área anular, entre la envoltura y el dique.

El concentrado de espuma se calcula basado en la operación del sistema durante 20 min.

Sin embargo el sistema catenary es diseñado para descargar bajo el sello primario, o bajo el sello de metal secundario usando el siguiente diseño, como lo ilustra la fig V-5.

Un dique de espuma es requerido cuando se instala cualquier tubo sello, o cuando la cima del sello es menor de 6pg (150 mm) bajo de la cima de la cubierta.

El máximo espacio entre cada cámara es de 60 pies (18.3 m) medido alrededor de la circunferencia del tanque como se ilustra en la fig V-5, detalle G.

Cualquier sello secundario se considera un dique. Un dique no es requerido cuando se instala una zapata mecánica tipo sello. El máximo espacio entre cada aplicación es de 130 pies

(39.6 m) medidos alrededor del tanque ver fig V-5 detalle E. La tabla V-6 para aplicaciones y tiempos requeridos para protección de las áreas de sello.

Cuando el dique secundario de metal es instalado, la mínima aplicación será de 0.30 gpm/pie^2 (12 lpn/m^2) en el área entre la envoltura del tanque y el dique primario o el dique secundario.

El suministro de espuma deberá ser el adecuado por un mínimo de 20 min.

Aplicación de espuma bajo la zapata mecánica, sello de tubo de metal o sello secundario.					
Tipo de sello	Dique de espuma	Velocidad mínima de aplicación (gpm/ft ² ó lpm/m ²)	Espaciamiento entre descargas.		Detalle de aplicación.
			12 pg pies	24 pg pies o (m)	
Zapata mecánica	No requiere	0.5 (20.4)	10	(130 ó 39.7)	E
Sello de Tubo de Metal					
Altura entre la cima del techo y el sello será de 6 pg ó mayor	No requiere	0.5 (20.4)	10	(60 ó 18.3)	F
Altura entre la cima del techo y el sello será menor de 6 pg	Altura menor de 12 pg	0.3 (12.2)	20	(60 ó 18.3)	G
Sello Secundario					
Combustible ó Metal Combustible Fabricado en secciones			No se recomiendan descargas bajo el sello de fabrica. Referencias de aplicación sobre el sello detalles C y D.		
Todo el sello de metal secundario	No requiere	0.3 (12.2)	20	(60 ó 18.3)	H

Tabla V-6. Detalle de Aplicación para Descargas Fijas.

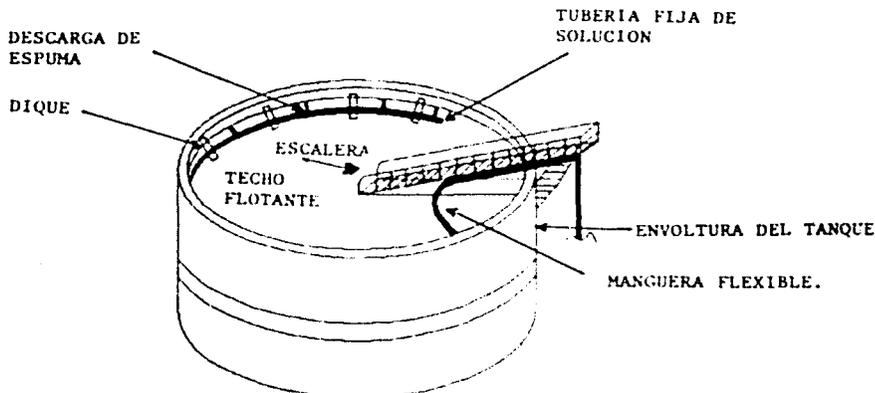
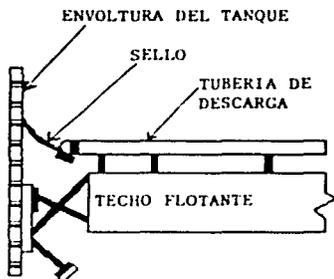
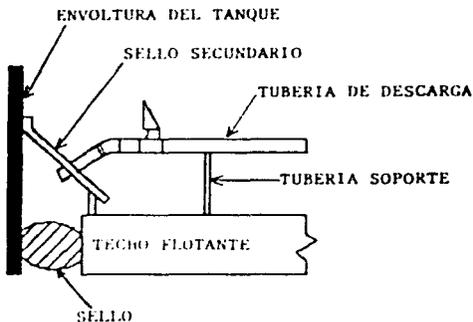


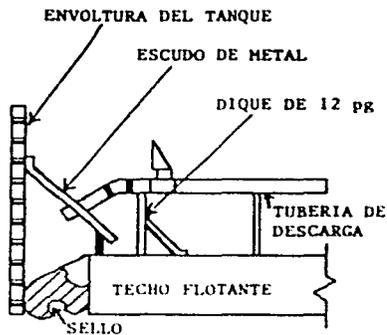
FIG. V-4. Descargas fijas de espuma exteriores montadas en la periferia del techo flotante.



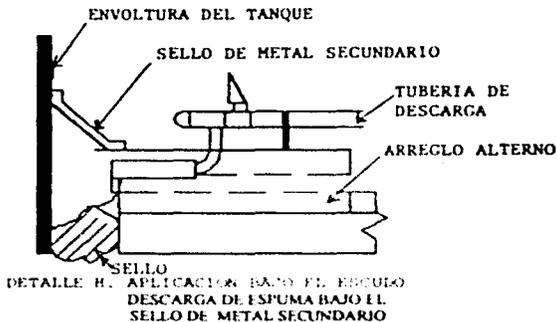
DETALLE E. APLICACIÓN BAJO EL SELLO
DESCARGA DE ESPUMA SOBRE
LA ZAPATA MECANICA.



DETALLE F. APLICACIÓN BAJO EL ESCUDO
DESCARGA DE ESPUMA BAJO EL
SELLO DE METAL SECUNDARIO.



DETALLE G. APLICACIÓN BAJO EL ESCUDO.
DESCARGA DE ESPUMA BAJO EL SELLO
O ESCUDO DE TIEMPO



DETALLE H. APLICACIÓN BAJO EL ESCUDO
DESCARGA DE ESPUMA BAJO EL
SELLO DE METAL SECUNDARIO

FIG. V-5. Arreglo de espumas, método Catenary.

V-6) CRITERIO DE DISEÑO PARA UN DIQUE DE ESPUMA.

El Dique será circular con un espesor de 0.134 pg (3.4 mm), se soldará o fijará al Techo del Tanque.

Se diseña para retener la espuma en el área de sello a una profundidad suficiente para cubrir el área de sello, causando un flujo lateral de espuma hacia el punto de ruptura del sello.

El dique de espuma se extiende por lo menos 2 pg (51 mm) sobre el sello de metal secundario o sobre el sello de combustible secundario.

La altura del dique será por lo menos de 2pg (51 mm) más alto que cualquier panel de extinción en sellos de metal secundario.

El dique será mayor a 1 pie (0.3 m) y no mayor a 2 pies (0.6 m) sobre el borde del techo.

Para el drenaje del dique tendrá una ranura por pie² de dique, restringiendo la ranura de drenaje a un máximo de 3/8 pg (9.5 mm) de altura. Evitando aperturas excesivas en el dique para prevenir pérdidas de espuma ver Fig. V-6 y V-7.

Los métodos de protección en dique o alrededor del dique son deseables en varias situaciones. El método de espuma fija consiste en la instalación de tuberías alrededor de una pared externa del dique conectadas en una serie de igual espaciamiento para las descargas dentro del dique fig V-7. Puesto que la superficie ardiente tiene un mínimo de sumersión el tipo de descarga es del tipo II y las ventajas de aplicación en 0.1 gpm/pie² encima del área del dique. Un mínimo de 20 min. de concentrado de espuma se requiere para líquidos de clase II o 30 min. para líquidos de clase I y líquidos de solventes polares.

Para proporcionar una distribución de espuma apropiada, la descarga en la salida se localiza a un máximo de 30 pies (9 m) para un MBS-3SA ó 60 pies (18 m) para un MBS-9SA, adicionalmente la distribución de espuma debe ser simétrica para asegurar cubiertas iguales.

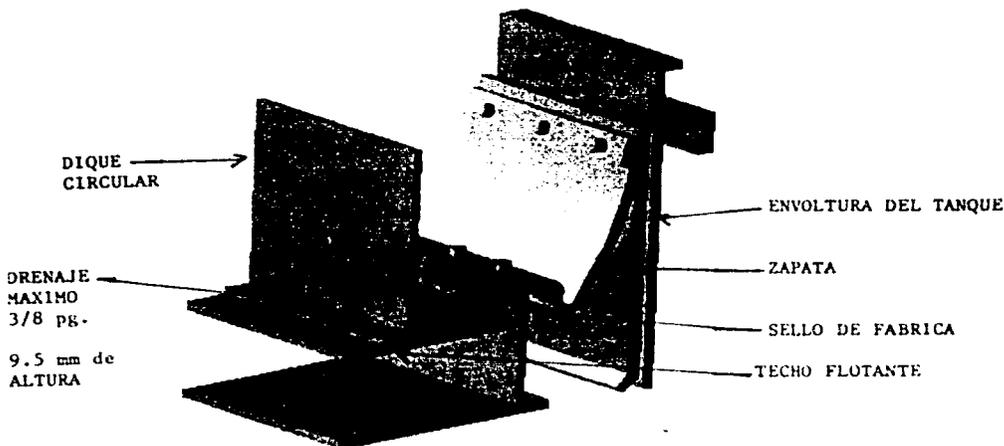


FIG. V-6. Dique de espuma para protección de tanques de techo flotante.

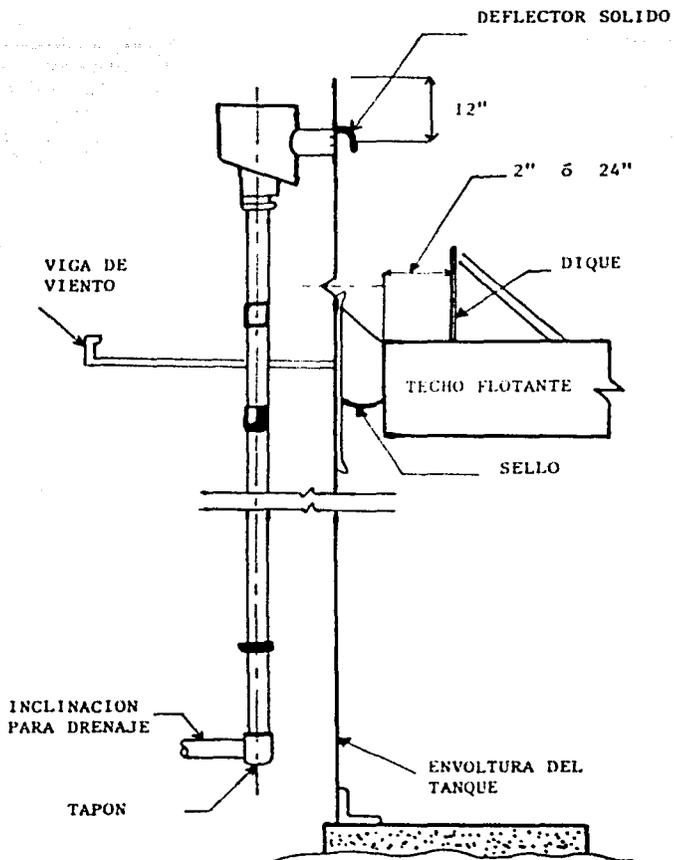


FIG. V-7. Arreglo de un sistema de dique.

V-7) SISTEMAS FIJOS DE ROCIO DE ESPUMA O SISTEMAS DE INUNDACION DE ROCIO DE ESPUMA / AGUA.

Lo primero que se tiene que hacer con estos sistemas es saber la diferencia entre ambos sistemas. Los Sistemas Fijos de Roció de Espuma solo descargan concentraciones de espuma. Esto es necesario pues algunas boquillas de rocío no pueden producir resultados adecuados con agua.

El Sistema de Roció Espuma /Agua trabaja con los dos sistemas descargando espuma y agua, en cualquier orden, proporcionando refresco a las exposiciones, no extingue los fuegos en los líquidos inflamables. La localización de las boquillas en el Sistema de Roció Espuma /Agua para una posible solución en la instalación de una batería de tanques horizontales.

Las boquillas rociadoras localizadas en el nivel mas alto en un derrame, dirigen el flujo a la envoltura del tanque logrando varios objetivos.

La espuma que es el agente extinguidor para líquidos inflamables se aplican directamente al combustible ardiente. La espuma también tendrá un efecto refrescante en las exposiciones.

Donde la espuma es producida por la agitación mecánica de la solución, proyectando la descarga de la boquilla contra el tanque y produciendo una agitación adicional y así mejorando la calidad de la espuma.

Si la espuma cae sobre la superficie del combustible y los rociadores tiene una elevación mas alta la sumersión del combustible disminuye.

Los Hidrocarburos requieren una aplicación minima de 0.16 gpm/pie² encima del área del dique y un minimo de 10 min. para suministrar el concentrado de espuma que es requerido.

Se debe tener especial cuidado en los sistemas de flujo para asegurar la aplicación de proporción minima requerida en el área entera al usar aplicaciones indirectas.

Los dispositivos de descarga en los sistemas pueden ser alimentados por un camión remolque, un equipo portátil ó un dispositivo fijo de espuma.

CAPÍTULO VI

NORMA 11 NFPA (NORMA PARA SISTEMAS DE ESPUMAS.)

Esta norma trata sobre la preparación y técnicas de aplicación de espumas de baja expansión, cubriendo las características de los materiales productores contra incendios y los requisitos para su diseño, instalación, operación, pruebas y mantenimiento de sistemas así como para la conservación de áreas interiores y exteriores donde se instalan tanques de almacenamiento.

VI-1) ESPUMAS DE BAJA EXPANSION.

Son agregados de burbujas mecánicas generadas por el paso de aire u otro gas, formando una capa acuosa de agentes espumantes activos, con una expansión generadora menor de 20:1. Estas espumas de baja densidad forman una manta cohesiva flotante en la superficie de los Líquidos Inflamables y Combustibles, previniendo, controlando y extinguiendo incendios, eliminando aire y refrescando el combustible, y previniendo la reignición formada por vapores combustibles.

La espuma se suministra por un sistema de tuberías fijas ó portátiles, mediante un sistema de generación de espumas que se descarga en la superficie de los Líquidos Inflamables y Combustibles.

Los fabricantes de espumas determinaran el método de aplicación, proporción de la descarga, la densidad del concentrado, el tiempo de aplicación requerido para mantener la integridad de la espuma.

Descarga tipo I. Una descarga en la superficie del líquido, sin sumersión de espuma ni agitación de la superficie.

Descarga tipo II. Este tipo de descarga no se acepta pero se diseña para disminuir la sumersión de espuma y la agitación de la superficie.

Dispositivo de descarga de aspiración de aire. Es un dispositivo que se diseña para aspirar y mezclar aire dentro del concentrado generando espuma.

Sistemas fijos. Son instalaciones fijas completamente que conducen espumas por tuberías desde una estación central. Cualquier equipo se instala permanentemente, fig VI-1.

Sistemas semifijos. Son sistemas de descarga fija en zonas de riesgo, conectadas a tuberías que terminan a una distancia segura. Los materiales necesarios para producir espuma serán transportados a la zona después que se inicia el incendio.

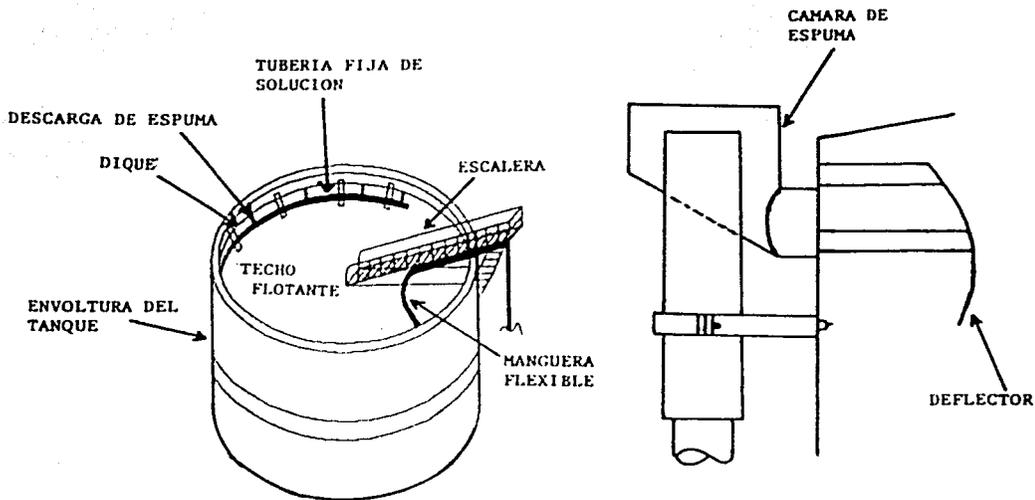


FIG. VI-1. Descarga de espuma fija de baja expansión en la periferia de un tanque de techo flotante y cámara de espuma

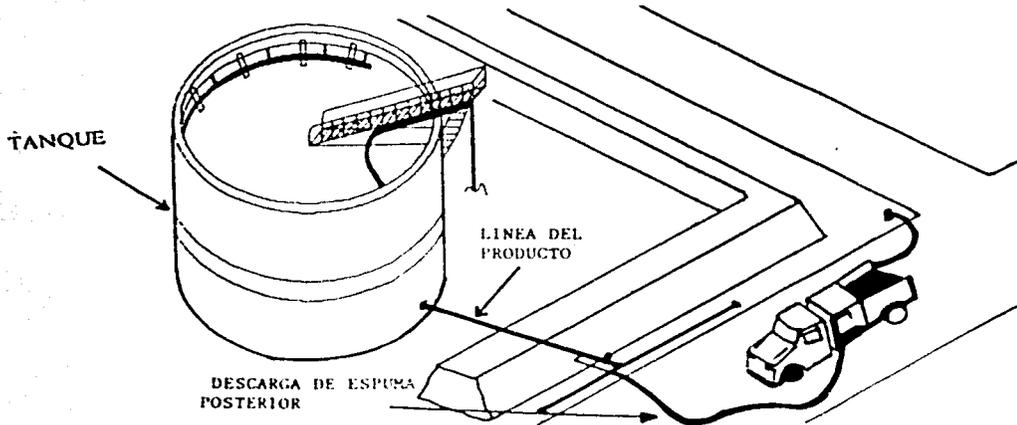


FIG. VI-2. Diseño de descarga de espuma para un sistema semisúmerso subsuperficial

Sistemas portátiles Son sistemas donde el equipo productor y todos los materiales se transportan en un vehículo y se usan a mano. El dispositivo consiste en un generador de espuma, operado manualmente y de fácil transportación, conectado con mangueras para suministro de agua y concentrado de espuma en lugares de fácil acceso. Los dispositivos se deben localizar fácilmente y no serán expuestos al incendio.

Para una extinción exitosa con estos dispositivos depende de la habilidad y técnica del operador. Toda persona que usa el equipo será instruido propiamente para operación y técnicas necesarias.

Eductor. Es un dispositivo generalmente de tipo cañón que usa bajo el principio Venturi para introducir una cantidad de concentrado de espuma dentro del flujo de agua que esta bajo presión.



FIG. VI-3. Diseño de un eductor tipo cañón.

Espuma o concentrado de espuma. Es un agregado de agentes espumantes que se mezclan con agua y aire o un gas formando burbujas de aire de menor densidad que el aceite y el agua.

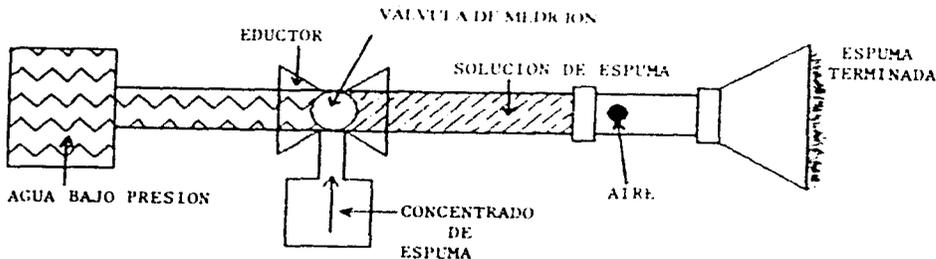


FIG. VI-4. Diagrama esquemático de la fabricación de espuma mediante un Equipo proporcional.

Tipos de concentrados de espumas

a) *Concentrado de espumas de proteína.* Es el primer tipo de espuma mecánica producida por hidrólisis de materiales de proteína, más aditivos estabilizadores e inhibidores, usados para condiciones de emergencia.

Las ventajas de estos concentrados tienen resistencia al calor, buena estabilidad, costo bajo. Las desventajas. Son de actuación lenta para extinguir incendios.

b) *Concentrado de espumas Fluoroproteínicas (FP).* Este tipo de espumas se forman por la suma de surfactantes químicos de fluor con espumas de proteína. Esto refuerza las propiedades de la espuma de proteína aumentando la fluidez y extinguiendo más rápido los incendios.

c) *Concentrado de espumas sintéticas formadoras de una capa acuosa (AFFF).* Estas espumas son formadas por la combinación de surfactantes químicos de fluor y agentes espumantes sintéticos que crean una capa acuosa que actúa en la superficie del combustible almacenado suprimiendo los vapores combustibles y volátiles. Estas espumas (AFFF) son más eficaces en Hidrocarburos Combustibles como las kerosenas, diesel, con tensiones superficiales altas y menos eficaces en combustibles con tensiones superficiales más bajas como las gasolinas de alto octanaje.

d) *Concentrado de espumas de mediana y alta expansión (espumas de detergente sintético).* Derivadas de surfactantes de Hidrocarburos, son una mezcla de agentes espumantes sintéticos y estabilizadores. Las de mediana expansión se usan para suprimir vapores volátiles y combustibles. Las espumas de alta expansión se usan en instalaciones fijas para proporcionar una inundación total en la zona de riesgo.

e) *Concentrado de espumas formadoras de una capa de Fluoroproteína (FFFP).* Estas espumas son formadas por la combinación química de surfactantes de fluor y agentes espumantes de proteína produciendo una capa de fluido acuoso para suprimir vapores combustibles. Este tipo de espuma utiliza una base de proteínas más aditivos estabilizadores e inhibidores para protección y refresco de los productos almacenados.

f) *Concentrados de espumas resistentes de alcohol (AR-AFFF)* El alcohol produce una espuma resistente combinada con estabilizadores sintéticos, agentes espumantes y químicos de fluor formando un aditivo y creando una membrana resistente, estas espumas se usan para incendios de materiales solubles en agua, y se dividen en los siguientes.

f.1) El primero se basa en polímeros naturales solubles en agua con proteína o concentrados de Fluoroproteína con materiales insolubles en alcohol, formando una barrera insoluble en la estructura de la burbuja.

f.2) El segundo se basa en concentrados sintéticos y agentes gelidos alrededor de las burbujas de espuma formando una protección en la superficie de los productos almacenados solubles en agua.

f.3) El tercer tipo se basa en la combinación de ambos. Las espumas resistentes de alcohol son generalmente usadas en soluciones del 3 al 10 %, dependiendo del producto almacenado y de la naturaleza del riesgo.

Características de una espuma efectiva.

1) *Velocidad de caída.* El tiempo requerido para que una manta de espuma se extienda sobre la superficie del combustible para lograr la extinción por completo.

2) *Resistencia al calor.* La espuma debe resistir los efectos destructivos del calor radiados por vapores volátiles y combustibles de líquidos inflamables, de restos de metales calientes u otros objetos en el área.

3) *Resistencia al combustible.* Una espuma eficaz tiene una tolerancia al combustible, para que la espuma no se sature de combustible y se queme.

4) *Supresión de vapor.* La manta de espuma debe ser capaz de suprimir los vapores volátiles y combustibles, para minimizar el riesgo de una reignición.

5) *Tolerancia de alcohol.* Debido a la afinidad del alcohol con el agua, y porque una manta de espuma tiene una concentración mayor del 90% de agua, las mantas de espuma que no se protejan se destruirán.

Propiedad	Proteína	Fluoroproteína	AFFF	FFFP	AR-AFFF
Caída	Razonable	Buena	Excelente	Buena	Excelente
Resistencia a la temperatura	Excelente	Excelente	Razonable	Buena	Buena
Tolerancia al combustible	Razonable	Excelente	Moderada	Buena	Buena
Supresión de vapor	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Buena
Tolerancia de alcohol	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Excelente

Tabla VI-1. Propiedades y comparaciones y comparaciones de los tipos de espumas.

Estabilidad de las espumas. Resistencia de la espuma para no sufrir daño por causas externas como el calor o reacciones químicas.

Expansión de la espuma. Se define como la proporción de volumen de espuma formada al volumen de solución generada. Por ejemplo una expansión de 4:1 significa que por cada galón de solución se obtiene 4 galones de espuma.

Punto de lluvia. Temperatura mínima en la cual un concentrado de espuma fluye, generalmente sobre 5 °F sobre el punto helado.

Presión de gota. La pérdida de presión en el agua entre dos puntos en un sistema hidráulico. Es la suma por pérdidas en las tuberías o mangueras.

Producto. Nombre que se le da al líquido almacenado.

Proporción. Dispositivo donde se mezclan espuma y agua para formar el concentrado de espuma.

Proteína. Nitrógeno complejo que contiene compuestos orgánicos derivados vegetales o animales. Los productos de hidrólisis de proteína proporcionan propiedades de estabilidad, adhesividad y resistencia al calor a la espuma.

Sumergencia. Movimiento de la espuma bajo la superficie del líquido almacenado, produciendo un daño parcial a la espuma y cubriéndola con el líquido ardiente.

Venturi. Porción reducida de una tubería o tubo que aumenta la velocidad del agua reduciendo la presión. En esta área se introducen aire y líquidos espumantes para obtener los equipos Proporcionales.

VI-2) COMPONENTES DEL SISTEMAS.

Componentes del sistema. Los componentes de un sistema de espumas consiste en el suministro de un concentrado de espuma y agua, equipo Proporcional, un sistema de tuberías, fabricante de espumas y el diseño de un dispositivo de descarga para distribuir la espuma eficazmente en la zona de riesgo.

1) *Suministro de agua.*

Calidad. Deberá ser la conveniente para que no ocurran efectos adversos en la formación y estabilidad de la espuma. No se le agregara ningún inhibidor de corrosión, emulsión ó cualquier otro aditivo sin consultar al fabricante.

Cantidad. Los volúmenes deberán ser los adecuados para usarse en los tiempos especificados, según el diseño del dispositivo.

Temperatura. La optima producción de la espuma se obtiene usando agua a una temperatura entre 40 °F y 100 °F (4 °C y 37.8 °C), temperaturas mas altas o mas bajas reducen la eficacia de la espuma.

Almacenamiento. Se almacenara en lugares donde se proteja de temperaturas frias y heladas.

2) *Concentrado de espuma.*

Almacenamiento. El servicio y reserva será almacenado a una temperatura de almacenamiento entre 35 °F y 100 °F (2 y 38 °C). La reserva se almacenara en un área limpia y seca, previniendo contaminación y deterioro.

Los tanques de almacenamiento serán de material resistente a la corrosión y compatibles con el concentrado considerando un mínimo de evaporación del concentrado, asegurando la estabilidad, fiabilidad y funcionamiento del concentrado. Los concentrados están sujetos a cambios de temperaturas y por lo tanto al deterioro por almacenamiento. Se instalara en lugares accesible no expuestos y protegidos contra riesgos.

Concentración. Se refiere al porcentaje de agua que contiene una espuma. Por ejemplo un concentrado de espuma del 3 %, mezcla 3 partes de concentrado de espuma y 97 partes de agua.

Compatibilidad. Los concentrados de espuma de diferentes marcas son incompatibles y no se deberán mezclar en el almacenamiento.

3) *Proporción de espuma.* El método de proporción espuma a base de aire será cualquiera de los siguientes:

a) *Motor-bomba de agua acoplados.* Un diseño conveniente para acoplar dos bombas de desplazamiento positivo en la línea de suministro de agua.

b) *Boquilla de espuma (Eductor).* Es un dispositivo generalmente de tipo cañón que usa el principio Venturi para introducir una cantidad de concentrado de espuma dentro del flujo de agua que esta bajo presión.

c) *Eductor en línea* El sistema de eductor en línea produce una solución de espuma para utilizar la presión de gota a través de un Venturi que provee la energía necesaria hacia el sifón de concentrado, desde el suministro del contenido hacia el Venturi, donde el concentrado es mezclado con el agua. El diseño del eductor determina la velocidad proporcional. Algunos eductores permiten la operación para cambiar la velocidad proporcional con los siguientes límites.

I) El eductor en línea se diseña para un uso particular de espuma o juego de tuberías que será usado. El dispositivo es muy sensible a la presión de flujo y es diseñado de acuerdo para su uso con tuberías o mangueras especificadas.

II) La gota de presión a través de los eductores es aproximadamente 1/3 de la presión de entrada.

III) La elevación entre el fondo del tanque y el eductor no será mayor de 6 pies (1.8 m) sobre el eductor.

Límites por pérdida de presión La presión de gota a través de una línea proporcional no excederá 40 % la presión de entrada cuando el diseño de la velocidad de flujo se opera.

d) *Medida proporcional.* Es un dispositivo que provee de un balance automático de presión en el sistema de concentrado de espuma con la presión del agua.

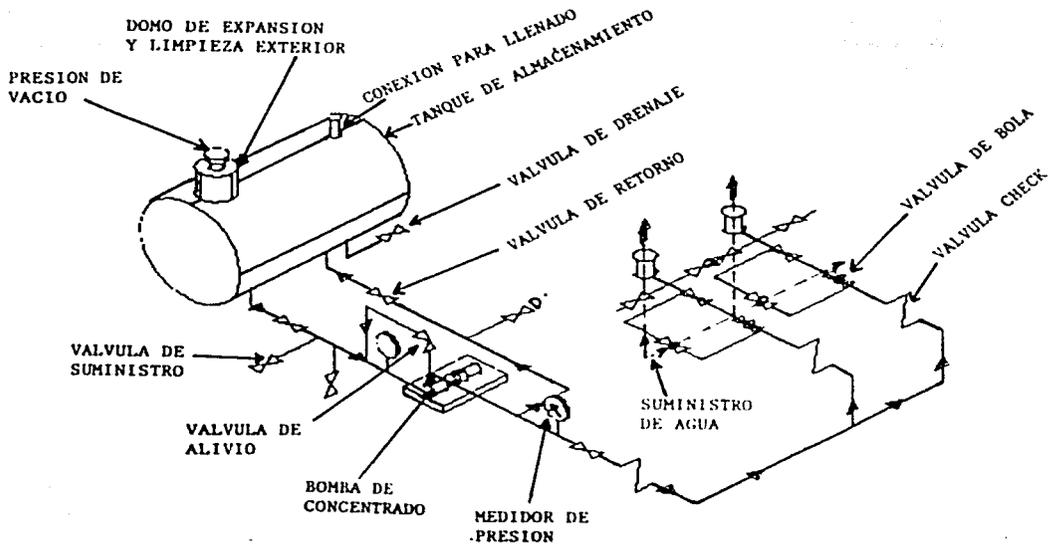
Operación. Se basa en el uso de un Venturi (es instalado por el lado de la descarga del sistema de agua), un orificio y un sistema regulador de presión. El Venturi crea una gota de presión, el orificio es usado para medir concentrado de espuma a una velocidad proporcional. El sistema regulador de presión se usa para obtener igual presión en el concentrado de espuma y agua. Para mantener la presión inicial en el Venturi y orificio (válvula medidora), la exactitud de la proporción será mantenida sobre una extensa velocidad de flujo. Esta presión se mantendrá manualmente por un operador.

Límites :

I) La capacidad de la proporción puede ser variable aproximadamente desde un 50 % hasta un 200 % de la capacidad de la velocidad.

II) La presión de gota a través de los rangos proporcionales van de 5 a 30 psi, dependiendo del flujo de agua a través de la proporción con los límites de capacidad sobre I).

III) Será necesaria una bomba de separación para liberar la proporción del concentrado.



-  Válvula check
-  Válvula Reguladora de Presión
-  Válvula Gate
-  Válvula de Bola.

FIG. VI-5. Diseño de un esquema de balance de presión proporcional con puntos de inyección Múltiple.

e) *Tanque de presión proporcional.* Un método de desplazamiento de concentrado en un tanque cerrado es usando el flujo de agua a través de un orificio venturi

Presión proporcional en el sistema. El dispositivo consiste en un tanque de presión para el concentrado y un Venturi proporcional. El dispositivo emplea agua a presión que es la fuente de poder suministrando presión al concentrado de espuma almacenado en el tanque. Al mismo tiempo el flujo de agua que pasa a través de un Venturi u orificio creando una presión diferencial.

La proporción consiste de una entrada de agua y una cámara con dispositivo de flujo en dos direcciones, uno dentro del tanque de concentrado y el otro a través de un Venturi y una cámara de mezcla.

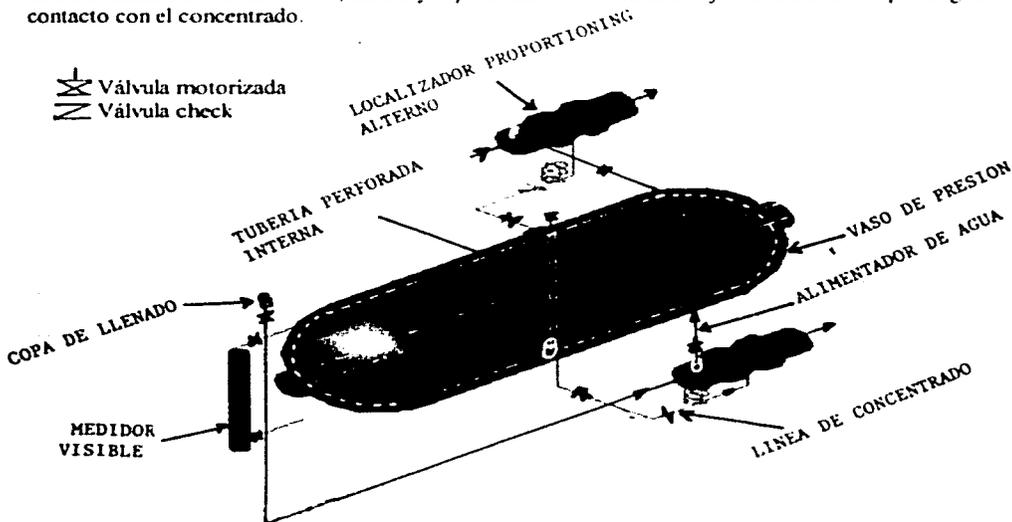
La proporción además incluye un tubo sifón que se extiende desde la cámara de mezcla a un punto cerca del fondo del tanque. El Venturi crea un área de baja presión en el flujo de la mezcla en la cámara, la mezcla de agua y concentrado pasa a través del sifón formando la solución.

Límites.

- 1) El tiempo de recarga del dispositivo se opera voluntariamente, es una función del flujo de agua a través del educador. El tiempo puede variar de 2 ó 3 min. para unidades pequeñas y más de 15 min. para unidades mayores.
- 2) Para unidades cañón se recargan con el uso.

El Venturi proporcional se diseña con una mínima presión de gota para operación en el diseño de flujo y presión.

Diagrama del tanque. El Tanque de concentrado se equipa con un diagrama flexible o una vejiga para separar el concentrado del agua presurizada. El diagrama o vejiga serán de material flexible resistente a la corrosión, daños y a pérdidas de flexibilidad bajo condiciones de prolongado contacto con el concentrado.



f) *Bomba proporcional (Alrededor de la Bomba).* El sistema se instalara para incendios en aparatos automotriz y el dispositivo consiste en un eductor y una válvula de medición instalada en la tubería de paso alrededor de la bomba, conectando tuberías entre el tanque de almacenamiento de concentrado y el eductor.

Operación. El flujo de espuma se conduce dentro de una línea de agua y se controla por una válvula de medición localizada entre el eductor y el tanque de almacenamiento de concentrado.

La presión de la gota entre la descarga y la succión la bomba de agua es usada en el sistema para introducir espuma dentro del agua por orificios fijos conectados a un inductor Venturi en una desviación entre la bomba de succión y la bomba de descarga.

- a) La válvula de medición será de ajuste manual por el operador. Si varía la velocidad de flujo el operador la ajustara.
- b) La válvula de medición será de ajuste manual para la velocidad proporcional. El Sistema de compensación automático para cambiar las condiciones de flujo.

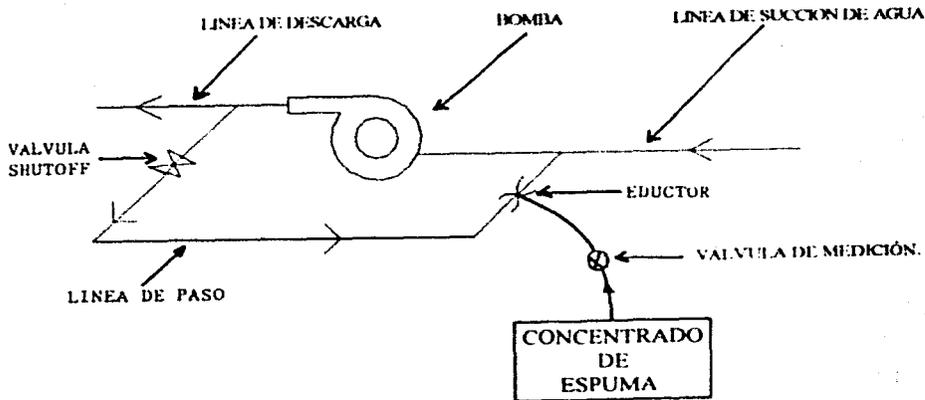


FIG. VI-7. Diseño de un esquema para un sistema proporcional alrededor de la bomba.

4) *Bombas de concentrado de espuma.* La presión en las bombas no debe exceder la presión de trabajo del concentrado en el sistema de tuberías. Deberán ser de desplazamiento positivo, las bombas Centrifugas serán de una capacidad mayor, se tendrá una presión de alivio en la descarga del circuito para prevenir presiones y temperaturas excesivas, además se proporcionaran con una llave ó válvula de drenaje.

Las bombas del circuito alimentador no se podrán desconectar fácilmente. Tendrán gobernadores que controlen el flujo, el manejo eléctrico no será mayor a 30 HP para bombas que controlen incendios (bombas con manejo de diésel).

El material de diseño serán compatibles con el tipo de concentrado usado en el sistema.

5) *Tuberías.* Las tuberías en áreas de riesgo serán de acero u otra aleación resistente a altas temperaturas y presiones y siempre conforme a las normas de construcción. Para tuberías de menor diámetro se permitirá su uso en áreas donde no exista mucho riesgo para evitar torcimientos y corrosión y se protegerán contra cualquier daño. Las tuberías de suministro se protegerán contra incendios.

Las tuberías que transportan concentrado serán construidas de material compatible que no afecte el concentrado.

No se utilizaran materiales flexibles o empaques elásticos en áreas expuestas al fuego. En atmósferas corrosivas las tuberías que transportan concentrados no serán galvanizadas.

Todas las tuberías dentro del dique ó en áreas de no dique estarán a una distancia de 50 pies (15 m) del tanque se enterraran bajo el dique por lo menos 1 pie (0.3 m) y se protegerán contra lesiones mecánicas.

Las tuberías que están sujetas a bajas temperaturas tendrán un drenaje apropiado de ½ pg por cada 10 pies (4 mm por m).

Las tuberías que se entierran serán de un diámetro menor a 4 pg (100 mm) con el fin de absorber la fuerza ascendente.

Los apoyos de las tuberías sobre la tierra se aseguran a una distancia mayor de 50 pies (15 m) de la envoltura del tanque para proporcionar flexibilidad en dirección ascendente.

Las tuberías verticales de 4 pg de diámetro y mayores se sujetan con una abrazadera para cada curso de envoltura.

Las conexiones del equipo no se localizaran dentro del dique, se localizarán por lo menos a un diámetro del tanque pero en ningún caso menor a 50 pies (15 m).

Cuando las tuberías se protejan contra riesgos y hay posibilidad de explosión las tuberías se protegerán contra cualquier riesgo, daño ó incendio.

6) *Filtros.* Cuando los sólidos obstruyen las salidas se aprueban los filtros que serán en razón a la canasta del filtro conforme al area del tubo por lo menos en 10:1

7) *Válvulas.* Todas las válvulas de agua tendrán indicadores y estarán fuera de la zona de riesgo o del area de dique, en el interior de estas zonas solo se instalaran válvulas de control automático con apagadores de acero u otra aleación capaz de resistir altas temperaturas.

Para descargas de espuma laterales en tanque de techo fijo las válvulas se localizaran fuera del dique en instalaciones fijas ó se localizaran válvula Shotoff para desviar soluciones al tanque desde la estación central y también estarán fuera del área de dique.

Las válvulas se localizan por lo menos a un diámetro del tanque y en ningún caso menor a 50 pies (15 m).

Cuando dos ó mas sistemas Proportioner son instalados en paralelo, las válvulas se localizan entre la salida de cada dispositivo y serán separadas con las válvulas de agua.

Para aplicaciones Subsuperficiales a cada línea se le provee de una válvula y una válvula check a menos que la válvula lateral sea una parte integral de la presión posterior.

Cuando las líneas del producto son usada para inyectar espuma las válvulas del producto se arreglarán para asegurar la entrada de espuma para cualquiera de los tanques protegidos.

Las válvulas de drenaje son de fácil acceso se proveen por puntos bajos en el subsuelo y tuberías sobre el suelo.

8) *Operación y control del sistema* Los sistemas operan automáticamente y manualmente, la operación será controlada por aprobación mecánica, eléctrica, hidráulica o neumática.

Para la operación manual los equipos se localizaran en lugares accesibles y visibles que permitan operar de emergencia, estos equipos son susceptibles a operaciones inadvertidas y no se operan con facilidad, su funcionamiento es susceptible a factores ambientales (cambios de temperatura, humedad atmosférica, etc.).

Mantenimiento. Se inspeccionaran por lo menos cada año, el mantenimiento incluye cualquier cambio en las propiedades físicas del concentrado indicando deterioro en la calidad.

Los coladores se proveen en la línea de flujo del agua se inspeccionaran y limpiarán después de cada prueba.

El sistema se mantendrá lleno para cualquier operación en cualquier tiempo. El uso, daño restauración y protección se reportara puntualmente. Cualquier daño será corregido por completo.

Ductos. Serán para su uso específico la entrada de aire y distribución de espuma será la diseñada, se protegerá contra daños.

Cada ducto cercano a la válvula seleccionada o puerta será de tipo abre fácil permitiendo el paso de la espuma.

Los ducto se diseñan e instalan para evitar turbulencias indebidas.

VI-3) CRITERIO DE DISEÑO PARA SISTEMAS.

Esta sección cubre información sobre el uso de espumas protectoras para Tanques de Almacenamiento Verticales y Atmosféricos.

1) *Criterio de diseño para tanque de techo fijo (cónico).* Estos Tanques tienen una costura débil en la unión del lado vertical del Techo. En caso de explosión interna la costura se rompe y el techo cae fuera del cilindro dejando la envoltura intacta y reteniendo los volúmenes del Tanque. El fuego resultante involucra la superficie entera expuesta del producto. Estos tanques se protegen por los siguientes métodos.

Aplicación de Espuma Superficial		Tanques de techo fijo (cónico).	
		Diámetro (pies) (m)	
	Número de Cámaras	Menor de 80 (24.4) Entre (81 y 120) (24.7 y 36.6) Entre (121 y 140) (36.9 y 42.7) Entre (141 y 160) (43 y 48.8) Entre (161 y 180) (49 y 55) Entre (181 y 200) (55.2 y 61) Mayor a (201) (61.3)	1 Cámara 2 " 3 " 4 " 5 " 6 "
		1 Adicional p/c 5000 pies ²	
Aplicación de Espuma Superficial	Velocidad y Tiempos de Descarga	0.10 gpm/pies ² (4.1 Lpm/m ²) de líquido en la superficie.	
		Tipo I Tipo II Pto Inflamación (100 °F y 140 °F) Pto Inflamación menor 100 °F	20 min. 30 min. 30 min. 55 min.
		Petróleo crudo	30 min. 55min.
Líneas de Mano y Monitores.	Diámetro del Tanque	Monitores para tanques menores de 60 pies (18.3 m) de diámetro Las líneas de flujo de mano, para tanques menores de 30 pies (9.2 m) de diámetro y menores de 20 pies (6.1 m) de altura.	
	Velocidad y Tiempos de Descarga	0.16 gpm/pies ² (6.5 Lpm/m ²)	
		Pto de Inflamación menor 100 °F (37.8 °C) Pto de Inflamación entre (100 y 140 °F) (37.8 y 60 °C) Petróleo Crudo.	65 min. 50 min. 65 min.
Aplicación Subsuperficial.	Velocidad y Tiempos de Descarga	Mínimo de 0.1 gpm/pies ² (4.1 Lpm/m ²) de líquido superficial. Máximo 0.2 gpm/pies ² (8.2 Lpm/m ²)	
		La velocidad de descarga no excederá 10 pies/seg para líquidos De clase IB o 20 pies/seg para otros líquidos.	
		Pto de Inflamación entre (100 y 140 °F) Pto de Inflamación menor 100 °F Petróleo Crudo	30 min. 55 min. 55 min.

TABLA VI-2. Métodos de protección a tanques de techo fijo (cónico).

2) Criterio de diseño para tanques de techo flotante de cima abierta.

Estos Tanque también se definen como Cilíndricos Verticales, tienen doble cubierta o Techo Flotante tipo Puente.

Su sello puede ser de Zapata mecánica o de tubo equipado con un escudo de metal de tiempo. También puede instalarse sellos secundarios o de combustible. Estos Tanques pueden experimentar dos tipos de incendios.

Un incendio en el sello o un incendio en la superficie del área de llenado (como resultado del hundimiento del Techo Flotante). La experiencia indica que incendio más frecuente involucra solo al sello. Antes de seleccionar el método de protección, el tipo de incendio servirá de base para el diseño definitivo.

La inyección Semisubsuperficial y Subsuperficial no se usara para protección de Tanques de Techo Flotante Cubiertos ni para los de Cima Abierta, debido a la posibilidad de una distribución impropia de la espuma en la superficie del combustible.

La espuma puede no sellar la envoltura del tanque como resultado de la prolongada descarga de agentes. El suministro de agua deberá ser el adecuado para proporcionar refresco a la envoltura.

Criterio de diseño para protección del área de sello por medio de descargas fijas exteriores se logra por los siguientes métodos.

- 1) Descarga de espuma sobre el sello de Zapata Mecánica, Escudo de Metal de Tiempo o Sello Secundario.
- 2) Descarga de espuma bajo el Sello Secundario ó sobre el Sello Primario directamente sobre el producto almacenado.

Método del sello de la cima con dique de espuma. Las descargas de espuma fijas sobre los sellos primarios o secundarios se usan en conjunto con un dique mediante los siguientes métodos

- a) Descargas fijas exteriores (normalmente del tipo II) se monta sobre la cima de la envoltura del tanque.
- b) Descarga de espuma fija montada en la periferia del techo flotante, en estas aplicaciones las descargas no se ajustaran al dispositivo de sello de vapor.

Diseño del sistema para sello de la cima. Los parámetros de aplicación según la tabla VI-3, aplicándose a Tanques que contienen Hidrocarburos ó Líquidos Inflamables o Combustibles que requieren espumas resistentes de alcohol.

Si se requieren mayores velocidades de aplicación a las especificadas en la tabla VI-3 los tiempos de descarga se reducen proporcionalmente pero no menores al 70 % de los tiempos de descarga mínimos especificados.

Velocidad de aplicación. Depende del área de protección. Se debe considerar las pérdidas por factores como el viento y otros.

Para Tanque que almacenan líquidos solubles en agua y Solventes Polares requieren de espumas de alcohol resistente y se aplican a través de monitores o por flujo de manguera, limitando su uso para este tipo de espumas.

Para aplicaciones superficiales las descargas normalmente se hacen a través de una cámara fija de espuma, instalada en la cima de la envoltura proporcionando un sello efectivo y durable, previniendo la entrada de vapores en las tuberías y salidas de descarga.

Cuando se requiere de dos o más descargas, se deben espaciar igualmente alrededor de la periferia del tanque la cantidad de cada descarga será según el tamaño de la superficie en la misma proporción.

Para Tanque que almacenan líquidos solubles en agua y Solventes Polares se limita el uso para espumas de alcohol resistente y se aplican a través de monitores o por flujo de manguera.

Si el concentrado de espuma se sumerge la espuma se daña dependiendo del grado de solubilidad del agua en el combustible, a mayor solubilidad mayor deterioro.

Si los aparatos disponibles entregan un flujo mayor de 0.1 gpm/pie² se hará una reducción proporcional en el tiempo.

3) *Criterio de diseño para Tanques de techo flotante cubiertos (interna)*. Estos tanques también se definen como Cilíndricos Verticales con un Techo de Metal fijo (Cono o Domo Geodésico), equipado para ventilación de la cima y contiene una doble Cubierta de Metal o un Techo Flotante Tipo Puente o una Cubierta de Metal Flotante como soporte para líquidos con un dispositivo de metal flotante.

Para Techos de Doble Cubierta o Puente la construcción será de otro tipo de acero diseñado para protección del área de sello.

Las bases de diseño para un Tanque de Techo Flotante (Cubierta (interna) se considera equivalente a un Tanque de Techo Flotante de Cima Abierta para el mismo diámetro con el mismo propósito de diseño que será de acuerdo con la tabla VI-3 utilizando descargas fijas de espuma. Para estas aplicaciones no será necesario un dispositivo de sello de vapor.

Para una inyección Subsuperficial y Semisubsuperficial no se usaran cuando la posibilidad de distribución de la espuma sea impropia.

Los sistemas de diseño serán basados en la protección del Tanque que requiere soluciones de flujo mayores incluyendo el flujo suplementario.

Si se requieren mayores velocidades de aplicación a las especificadas en la tabla VI-3 los tiempos de descarga se reducen proporcionalmente pero no menores al 70 % de los tiempos de descarga mínimos especificados.

La espuma puede no sellar con la envoltura del tanque como resultado de la prolongada descarga de solución en la zona incendiada. Son recomendables los suministros adecuados de agua para refresco de la envoltura.

4) *Áreas de dique exteriores*. Las áreas de dique son limitadas por contornos o barreras que retienen el combustible con una profundidad mayor a 1 pg (2.5 cm).

La protección a estas áreas será por medio de descargas de espuma fijas de bajo nivel, por monitores portátiles, por líneas de manguera o por boquillas rociadoras de agua espuma.

Los tiempos mínimos de aplicación en la tabla VI-4 dependiendo de la localidad y la cantidad para su aplicación uniforme de espuma en la cima del área del dique.

Para áreas de dique mayores se permite subdividir la áreas de dique grandes.

Descargas de espuma de bajo nivel Estas descargas se hacen por flujos direccionales de boquillas, se diseñan para descargas compactas a baja velocidad dentro de la pared interna del dique o cuando se necesita directamente dentro del suelo en el área de dique.

Las descargas se localizan alrededor de la pared del dique y cuando sea necesario dentro del área de dique con aplicaciones uniformes de espuma sobre el área del dique.

Cuando las descargas de espuma se instalan a bajo nivel son usadas para protección primaria localizadas en el dique a una distancia no mayor de 30 pies (9 m), y las descargas serán a 60 gpm (225 lpm) ó menores.

Para descargas mayores de 60 gpm la máxima distancia de descarga sera de 60 pies (18 m).

Las descargas de bajo nivel podrian necesitar flujos suplementarios sobre las cabezas para proporcionar cubierta y refresco a las cabezas ó superficie del tanque.

Monitores de espuma Las descargas se harán dentro del área de dique y los monitores se localizarán fuera del área de dique considerando en la descarga las pérdidas por efectos del viento.

Cuando las descargas de monitor se realizan en forma compacta a alta velocidad, el flujo de espuma será directo sobre la pared del dique, superficie del tanque u otra estructura para prevenir movimientos directos dentro de la superficie del líquido ardiente.

Aplicación de Espuma Superficial	Número de Cámaras	Diámetro (pies) (m)	
		Menor de 80 (24.4)	1 CÁMARA
		Entre (81 y 120) (24.7 y 36.6)	2 "
		Entre (121 y 140) (36.9 y 42.7)	3 "
		Entre (141 y 160) (43 y 48.8)	4 "
		Entre (161 y 180) (49 y 55)	5 "
		Entre (181 y 200) (55.2 y 61)	6 "
		Mayor a (200) (61.3)	1 Adicional por cada 5000 pies ²
			1 Por cada 40 pies (12.2 m) de circunferencia con un dique de 12 pg (30.5 cm) de altura.
			1 Por cada 80 pies (24.4 m) de circunferencia con un dique de 24 pg (6cm) de altura.
			0.3 gpm/pies ² (12.2 Lpm/m ²) en el área anular entre la pared del tanque y el dique
		Pto Inflamación (100 °F y 140 °F)	20 min.
DESCARGAS BAJO EL TECHO FLOTANTE	Velocidad y Tiempos de Descarga	Sello de Zapata Mecánica. 1 por cada 130 pies (39.6 m) de circunferencia del tanque (no requiere dique). Sello de tubo-mayor de 6 pg (15.2 cm) de la cima del sello o la cima del puente. 1 por cada 60 pies (18.3 m) de circunferencia del tanque (no requiere dique). Sello de tubo-Menos de 6 pg (15.2 cm) de la cima, del sello de la cima o el puente con descargas de espuma bajo el escudo de metal de tiempo o sello secundario. 1 por cada 60 pies (18.3 m) de circunferencia del tanque (Requiere un dique menor de 12 pg de altura).	
		0.3 gpm/pies ² (12.2 Lpm/m ²) de área anular, con dique de espuma o con aplicación de espuma bajo el sello de metal o sello secundario.	
		0.5 gpm/pies ² (20.4 Lpm/m ²) para otra aplicación. 20 min. con dique de espuma o bajo el escudo de metal de tiempo o sello secundario.	
Lineas de Mano y Monitores.	Diámetro del Tanque	Monitores no recomendables, para extinguir incendios en sellos primarios por la dificultad de dirigir la espuma dentro del espacio anular y la posibilidad del hundimiento del techo. Las Lineas de mano se pueden usar para las vigas de viento y para extinguir incendios en el área de sello.	
	Velocidad Descarga	0.16 gpm/ft ² (6.5 Lpm/m ²)	

TABLA VI-3. Métodos de protección para tanques de techo flotante de doble cubierta o tipo puente (Cima abierta o cubierta)

Tipo de descarga de espuma	Velocidad de mínima de aplicación		Tiempos mínimos de descarga (min.)	
	gpm/ pie ²	l.pn/m ²	Hidrocarburos de clase I	Hidrocarburos de clase II
Descargas fijas de espuma de bajo nivel.	0.1	4.1	30	20
Monitores de espuma	0.16	6.5	30	20

Tabla VI-4. Velocidad mínima de aplicación y tiempos de aplicación en áreas de dique que almacenan Hidrocarburos.

5) *Derrames en áreas de no dique.* En áreas donde ocurren derrames de Líquidos Almacenados y tienen un porcentaje de profundidad no mayor a 1 pg, se limitara por el contorno de la superficie en la que está almacenado y para controlar estos incendios se requieren espumas resistente de alcohol estimando el potencial del área de derrame y usando la tabla VI-5 para uso y criterio de diseño para boquillas portátiles o monitores.

Tipo de espuma	Velocidad mínima de aplicación		Tiempo mínimo de descarga	Producto derramado
	Gpm/pie ²	l.pn/m ²		
Proteína Fluoroproteína	0.16	6.5	15	Hidrocarburos
AFFF, FFFP, y resistentes de alcohol AFFF ó FFFP	0.1	4.1	15	Hidrocarburos
Espumas resistentes de alcohol			15	Líquidos inflamables y combustibles que requieran espumas resistentes de alcohol

Tabla VI-5. Velocidad mínima de aplicación y tiempos de descarga para derrames en áreas de no dique, que se protegen usando boquillas de espuma o monitores.

8) *Flujos suplementarios.* El número mínimo de descargas fijas o portátiles de flujo suplementario requerido se especifica en la tabla VI-6 disponibles para protección del área.

El flujo será de por lo menos 50 gpm y el número mínimo de descargas será conforme a la tabla VI-6.

Diámetro del tanque (pies) (mts)	Número mínimo de descargas o flujos de manguera.	Tiempo mínimo de operación. (min.)
Menores de (65) (19.5)	1	10
Entre (65 y 120) (19.5 y 36)	2	20
Mayores de 120 (36)	3	30

Tabla VI-6. Número mínimo de descargas o flujos de manguera.

VI-4) PLANES Y ESPECIFICACIONES.

Los planes incluirán la siguiente información para aplicarse.

- 1) Detalles físicos del riego, incluyendo arreglos locales y los riesgos de materiales involucrados.
- 2) Tipo y porcentaje del concentrado del espuma.
- 3) Proporción de aplicación de solución requerida.
- 4) Cantidad de agua requerida.
- 5) Cálculos específicos requeridos de la cantidad de concentrado.
- 6) Cálculos Hidráulicos.
- 7) Identificación y Capacidad del equipo y dispositivos.
- 8) Situación de tuberías, Detección y Operación de dispositivos de descarga, generadores y equipo auxiliar.
- 9) Diagrama esquemático de instalaciones eléctricas
- 10) Explicación de cualquier situación especial.
- 11) Planes detallados y completos que especifiquen condiciones del equipo y personal.

Pruebas y mantenimiento Se inspeccionaran las instalaciones de los sistemas para identificación propia e instrucciones de operación. Se verificaran las líneas de tuberías, los accesos, las válvulas y las instalaciones de los sellos de vapor.

Instalaciones después del flujo. Para remover materiales impropios de subsuelo y suelo se suministra un flujo de agua continuo y suficiente durante la instalación para asegurar la limpieza antes de conectar el flujo del sistema.

De la misma manera se suministrara un flujo de agua tipo cañón por el interior de las tuberías de espuma después de su instalación para limpieza y se examinaran visualmente.

Pruebas de presión Todas las tuberías excepto las de las de línea de mano para expandir espuma serán sujetas a pruebas de presión hidrostática durante 2 hrs. @ 200 psig, todas las tuberías horizontales se inspeccionara el drenaje.

Pruebas de operación Todos los dispositivos del equipo se inspeccionaran para su funcionamiento propio.

Pruebas de descarga. Las pruebas de flujo se realizaran para asegurar el funcionamiento conforme a los siguientes datos.

- 1) Presión de agua estática.
- 2) Presión de agua residual de la válvula de control y del punto de referencia remoto en el sistema.
- 3) Velocidad de descarga actual
- 4) Velocidad de consumo de material productor de espuma.
- 5) Concentración de la solución de espuma.
- 6) Calidad de la espuma (expansión).

La concentración de espuma Proporcional será:

- a) No será menor a la concentración pactada.
- b) No será mayor al 30 % sobre la velocidad de concentrado o 1% sobre el punto de la velocidad de concentración

La descarga de espuma se inspeccionara visualmente para asegurar la satisfacción del propósito.

Mantenimiento.

Periodos de inspección. Todos la sistemas se inspeccionan directamente y se verifican cada año por lo menos. La inspección incluye evaluación del concentrado de espuma, la calidad de la mezcla.

Espuma. Se verificará el dispositivo proporcional y el equipo adicional por lo menos cada año, se tomaran muestras y se enviaran al laboratorio para comprobar su calidad y estabilidad.

Filtros. Se verificaran y se limpiaran periódicamente después de cada uso y pruebas de flujo.

VI-5) NORMAS PARA SISTEMAS DE ESPUMAS DE MEDIANA Y ALTA EXPANSION.

Esta norma trata sobre los requisitos minimos para instalaci3n dise1o, operaci3n, pruebas y mantenimiento en sistemas de espumas de mediana y alta expansi3n.

Para grandes derrames se lucha mediante equipo m3vil capaz de generar vol6menes altos de espuma mediante un flujo s3lido o dispersado.

Espumas de mediana expansi3n. Son agregados de burbujas mec3nicas generadas por el paso de aire u otro gas , formando una capa acuosa de agentes espumantes activos, con una expansi3n generadora entre 20:1 y 200:1. La aplicaci3n de espuma de mediana expansi3n se utiliza para riesgos en derrames y su aplicaci3n es en forma de roc3o o tormenta de nieve densa cubriendo el 3rea entera con una densidad uniforme.

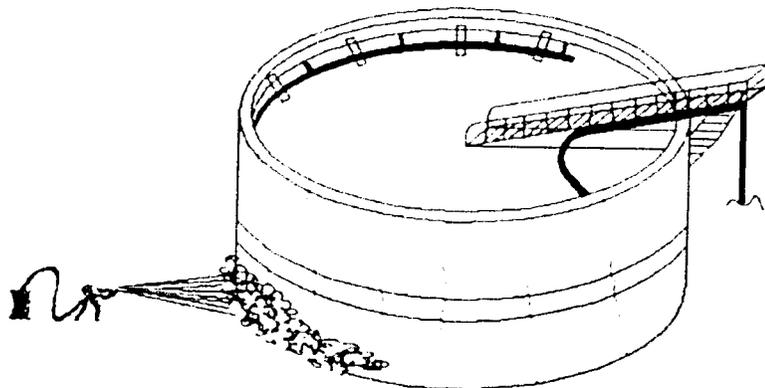


FIG. VI-8. Dise1o de un sistema de espuma de mediana expansi3n

Espumas de alta expansi3n Son agregados de burbujas mec3nicas generadas por el paso de aire u otro gas , formando una capa acuosa de agentes espumantes activos, con una expansi3n generadora entre 200:1 y 1000:1.

Las espumas de alta expansi3n forma una superficie acuosa en la superficie del liquido incendiado mediante la inundaci3n total controlando y extinguiendo incendios en liquidos de clase A y B, y algunos liquidos t3xicos con supresi3n r3pida de vapores volatiles.

Las espumas de alta expansi3n se usan para incendios causados por derrames de solidos o liquidos o contra incendios en almacenes, la profundidad de la espuma es de aumento rapido tambi3n se usa para extinguir incendios en 3reas cerradas, s3tanos y pasajes bajo tierra, asi como para habitaciones interiores y espacios confinados.

Se usan para control de incendios que involucren licuados de gas natural (LGN) y licuados de gas de Petr3leo (LGP) y derrames de amoniaco controlando la dispersi3n de vapores.



FIG. VI-9. Diseño de un sistema de espuma de alta expansión.

Las espumas de alta y mediana expansión tiene las siguientes efectos en incendios.

- a) Cuando se generan en volumen suficiente, previene el libre movimiento del aire que continua con la combustión.
- a) El agua de la espuma se convierte en flujo, reduciendo la concentración de Oxígeno por dilución de aire.
- b) La conversión del agua en flujo absorbe calentamientos de combustibles incendiados refrescándolos.
- c) Por su tensión superficial baja no convierte el vapor que dirige y penetra en materiales de clase A.
- d) Previene extensiones de incendios (aislando) para protección de materiales expositores.
- e) Para incendios de (LGN) las espumas de alta expansión no extingue el incendio pero reduce la intensidad.
- f) En incendios de clase A son controlados cuando la espuma cubre totalmente los materiales incendiados.
- g) Los incendios de clase B comprende bajos puntos de inflamación en líquidos que pueden extinguirse con una manta de espuma sobre la superficie de los líquidos.

Tipos de incendios que se pueden extinguir con Espumas de Mediana y Alta Expansión.

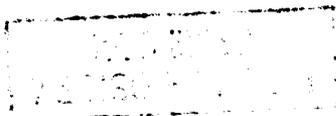
- a) Combustibles Ordinarios.
- b) Líquidos Inflamables y Combustibles.
- c) Combinación de los dos anteriores.
- d) (LGN) solo espumas de alta expansión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las espumas de Alta y Mediana Expansión no se usaran en los siguientes incendios.

- a) Químicos con células de Nitrato pues liberan suficiente Oxígeno u otros agentes oxidantes que mantienen la combustión.
- b) Equipos de energía eléctrica.
- c) Metales que reaccionan con el agua como Sodio, Potasio y todos los Na K.
- d) Incendios de materiales que reaccionan con agua como el Trietileno de Aluminio y Pentóxido de Fósforo.
- e) Licuados de gases inflamables.

Riesgos. En grandes descargas (Inundación Total) de espumas el personal tendrá problemas de visión, oído, desorientación y molestias de respiración, en edificios se arreglara el sistema para evacuar al personal y a cualquier persona.



VI-6) SISTEMAS DE INUNDACIÓN TOTAL.

El sistema de inundación total consiste en un aparato de completa generación de espuma fija, suministrado con tuberías de concentrado y agua, los arreglos y descargas serán dentro de espacios cerrados (Habitaciones, Bodegas, Almacenes, etc.).

Los incendios que se extinguen por inundación total se dividen en tres categorías.

- a) Incendios superficiales que comprenden Líquidos Inflamables y Combustibles y Sólidos.
- b) Incendios en residuos o asientos poco profundos que comprenden sólidos sujetos a arder.
- c) Incendios tridimensionales en algunos Líquidos Inflamables.

Especificaciones para lugares cerrados.

Salidas y ventilaciones Las entradas (ventanas, etc se cerraran simultáneamente cuando empiece la descarga considerando la evacuación de toda persona.

La velocidad de ventilación no excederá 1000 pies/min al aire libre. La ventilación consiste en aperturas normalmente abiertas o cerradas y arregladas para apertura automática cuando el sistema opera.

Volumen de sumersión Para Espumas de alta expansión el mínimo total de sumersión nunca será menor a 1.1 veces la altura del incendio o menor a 2 pies (0.6 m) sobre el incendio.

Para Líquidos Inflamables y Combustibles el volumen de sumersión se determinará multiplicando el area de espacio protegido.

Para espumas de mediana expansión la profundidad de sumersión varia según el incendio.

Velocidad de descarga Para espumas de mediana expansión se determina por pruebas.

Para espumas de alta expansión depende de la resistencia de los rociadores, configuración del incendio, vulnerabilidad de la estructura, contenido de un incendio. La velocidad de descarga depende de las propiedades de la espuma, la razón de expansión, retención de agua, efectos contaminantes del agua, efectos de temperatura, etc.

La mínima velocidad de descarga se calcula con la siguiente formula:

$$R = (V/T + R_s) \times C_n \times C_i$$

DONDE:

R → Velocidad d descarga (pies¹/min.) (m¹/min.)

V → Volumen de Sumersión pies¹ (m¹)

T → Tiempo de Sumersión (min.)

R_s → Velocidad de la espuma en la zona averiada por roció pies¹/min. (m¹/min.)

C_n → Compensación por encogimiento normal de espuma será igual a 1.15

C_i → Compensación por perdidas de espuma nunca será menor a 1.0 para estructuras completas el factor puede ser mayor de 1.2 para habitaciones con aperturas normales.

DONDE:

R_s = S x Q

S → Volumen de espuma perdida en (pies¹/min./gpm)

Q → Estimación total de descarga, numero máximo de rociadores operando (gpm) (Lpm).

Cantidad. Será la suficiente según el diseño por 25 min. o generando 4 veces el volumen de sumersión y en casos menores por 15 min.

Mantenimiento del volumen de sumersión. Para espumas de alta expansión el volumen de sumersión se mantendrá por lo menos 60 min. para una localidad con un rociador y 30 min. para varios rociadores. Donde comprende Líquidos Inflamables y Combustibles los periodos se permitirá reducirlos.

Distribución. Las espumas generadoras de alta y mediana expansión serán relativamente para uso habitacional y para protección de áreas durante el periodo de descarga.

VI-7) NORMAS PARA APARATOS MÓVILES DE ESPUMA.

Descripción. Los Aparatos de Espuma móvil son vehículos diseñados para transportar, producir y aplicar espuma en incendios potenciales. Estos vehículos deben incluir los siguientes componentes.

- a) Tanque suministrador de concentrado de espuma.
- b) Premezcla de espuma
- c) Sistema Proporcional.
- d) Bombas de agua.
- e) Dispositivos portátiles de descarga.
- f) Monitores de espuma.

Requisitos generales.

- a) Capacidad para soportar el peso y cargas.
- b) Contaran con un tanque de concentrado y un tanque adicional de agua.
- c) Los materiales usados deben ser compatibles con el concentrado.

Tanques. Serán desmontables y tendrán capacidad para aguantar los efectos extremos del tiempo, además deben incluir instrucciones y un diagrama esquemático del sistema y operaciones generales. Los drenajes serán claramente identificados y de fácil acceso.

Conexiones en mangueras. Los diámetros de las conexiones serán conforme se requieran, se tendrán a la mano adaptadores y conectores y no se suplirán con ninguna otra, cada conexión tiene sus accesorios.

Válvulas. Serán dependiendo del flujo y presión requerida por las partes y control del equipo.

Sistema de espumas premezcladas presurizadas. Este sistema discute la descarga de premezcla de solución de espuma desde el tanque por medio de un gas expelente semejante al Nitrógeno. El sistema usa normalmente soluciones de AFFF.

Tanque de premezclado Los tanques tendrán un diámetro mínimo interior de 4 pg. Las tapas de llenado se equiparan con dos extensiones de mano en cada lado que permita el uso manual; y será de 1/8 pg de espesor con un casquete de caucho o goma insertado en el hueco. Los respiraderos se localizan en el relleno de la tapa.

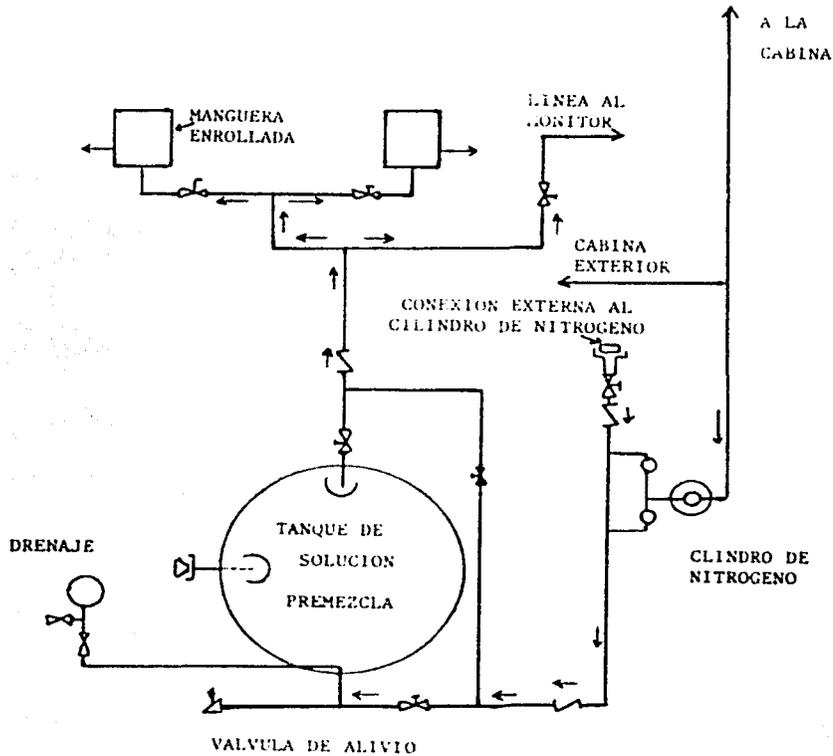
Válvulas de premezclado Se instalan al terminar el tanque, el vacío de presión no debe exceder 110 % al máximo permisible de la presión de trabajo.

Cilindros de gas expelente (Nitrógeno) La presión inicial sera de 1500 psig y el numero de cilindros será el necesario para operar el sistema.

Reguladores de presión Nitrógeno El numero de reguladores que se provee cereal suficiente para mantener la velocidad de flujo de todo dispositivo de descarga de gas simultáneamente. Cada regulador se diseña para una presión de entrada menor a 3000 psig y será para liberar Nitrógeno a la presión de trabajo. El regulador opera en un rango de temperatura entre --

65 °F y 65 °F (-53.9 y 53.9 °C) . Dada regulador será equipado con una válvula de alivio y se conectara al cilindro de gas de Nitrógeno a través de 3/8 pg de diámetro mínimo de la manguera.

Válvulas y tuberías. Las válvulas y tuberías se instalarán para una operación normal de gas desde el cilindro pasa a través del regulador, y los diversos reguladores y la tubería de mantenimiento de presión constante nominal en la premezcla del tanque durante la descarga.



 VALVULA SHUTOFF

FIG. VI-10. Sistema de espumas premezclada presurizada.

CAPÍTULO VII

METODO DE INYECCION SUBSUPERFICIAL. (INYECCIÓN BAJA).

Los sistemas subsuperficiales están diseñados para proteger solo líquidos de Hidrocarburos, no es conveniente que se usen en tanques que almacenan líquidos de la clase IA, tampoco se recomienda su aplicación a tanques de techo flotante.

El método subsuperficial ofrece una alta presión para producir espuma se localiza fuera del tanque y preferentemente fuera de la pared del dique, las fuerzas de espuma se mueven a través de la tubería dentro del fondo del tanque. Esta tubería puede ser la línea del producto o una línea instalada específicamente para la aplicación de espuma. La espuma inyectada viaja a través del producto almacenado formando una capa de seguridad en la superficie.

Los concentrados de espuma usados para inyección subsuperficial son:

- Espumas de Fluoroproteína (FP).
- Espumas formadoras de una capa acuosa (AFFF).
- Espumas formadoras de una capa de Fluoroproteína de (FFFP).

Proporción de espuma aplicada. La solución mínima de espuma aplicada en la mayoría de los casos será de 0.1 gpm/pie^2 (4.1 lpm/m^2) en el área de la superficie de los líquidos almacenados. Sin embargo algunos fluidos requieren porcentajes mayores, las pruebas indican que la inyección máxima es de 0.2 gpm/pie^2 (8.2 lpm/m^2) o dos veces la proporción normal. La aplicación de 0.2 gpm/pie^2 no se recomienda para este método pues disminuye la efectividad. Los concentrados de espuma suministrados deben ser suficientes para operar el sistema por un mínimo periodo de tiempo dependiendo del líquido almacenado.

Flujo suplementario de espuma. El flujo mínimo de espuma suplementario será de 50 gpm (190 lpm) debe mantenerse para protección del fuego y para evitar derrames. El número mínimo de boquillas se especifica en la tabla VII-1. Los concentrados adicionales de espuma se proporcionan para permitir el funcionamiento simultaneo con el sistema del tanque.

Diámetro o Altura del Tanque pies (m)	Numero mínimo de boquillas	No mínimo de minutos para operación
Menos de 35 (10.6)	1	10
De 35 a 65 (10.6 a 19.8)	1	20
De 65 a 95 (19.8 a 28.9)	2	20
De 95 a 120 (28.9 a 36.6)	2	30
Mayores de 120 (36.6)	3	30

Tabla VII-1. Tiempo mínimo de operación y numero de boquillas.

Presión de espuma subsuperficial. El modelo PHB produce una descarga de espuma a una presión considerable por la parte posterior del tanque. La espuma producida por los modelos PHB son ideales para la aplicación de espuma subsuperficial a los productos almacenados de Hidrocarburos. El modelo PHB opera satisfactoriamente a presión de entrada de 100 a 300 psi (6.89 a 20.68 bar) y produce una espuma que se expande de 2 a 4 veces contra la presión posterior no excediendo el 40% la presión de entrada.

Número de descargas de espuma. El número de descargas de espuma que se requieren son enlistadas en la tabla VII-2. Las descargas son dentro del interior del tanque por un extremo abierto para la línea de espuma ó por la línea del producto. Los datos son en base a observaciones de varias pruebas que incluyen una prueba de espuma de no fuego en un tanque de diámetro 117.5 pies (35.8 m) que contiene aceite crudo.

Diámetro del Tanque (pies) (m)	Número mínimo de descargas.	
	Punto de inflamación menor 100 °F (37.8 °C)	Punto de inflamación mayor a 100 °F (37.8 °C)
Menores de 80 (24.4)	1	1
De 80 a 120 (24.4 a 36.5)	2	1
De 120 a 140 (36.5 a 42.6)	3	2
De 140 a 160 (42.6 a 48.7)	4	2
De 160 a 180 (48.7 a 54.8)	5	2
De 180 a 200 (54.8 a 60.9)	6	3
Mayores de 200(60.9)	Mas una descarga adicional por cada 5000 pies ² (465 m ²)	Mas una descarga adicional por cada 7500 pies ² (697 m ²)

Tabla VII-2. Descargas de espuma.

Cantidad de concentrado de espuma. La concentración de espuma se opera en tiempos dependiendo del liquido almacenado, los liquidos son enlistados en la tabla VII-3. Una flujo suplementario de espuma será necesario como lo muestra la tabla VII-1.

Producto	Tiempo mínimo de descarga (min.)
Aceites lubricantes, residuos viscosos secos, etc. Con punto de inflamación superior 200 °F (93 °C)	25
Combustibles de aceite, Kerosenos, etc. Con punto de ebullición entre 100 °F (38 °C) y 200 °F (93 °C).	30
Gasolina, Petróleo crudo, Benceno, etc. Con punto de ebullición inferior 100 °F (38 °C)	55

Tabla VII-3. Tiempo requerido para operación de espumas.

La cantidad de concentrado de espuma se determina como sigue:

$$\text{Total de Concentrado} = A \times R \times \% \times t$$

- A Área del tanque
 R Aplicación del porcentaje generalmente 0.1 gpm/pies²
 % Porcentaje del concentrado (3% o 6%)
 t Flujo suplementario de espuma.
 AxR Flujo de solución requerida para el tanque.

Tamaño de PHB. Las espumas que ofrecen los PHB en el mercado ofrecen un tamaño mostrado en la tabla VII-4 y fig VII-1. Los PHB-10A hasta PHB-30A están disponibles con 2 1/2 pg. de descarga en la entrada y con 2 1/2 pg. de descarga a la salida. Los típicos PHB de espuma en el mercado se seleccionan para varios tamaños de tanques que se enlistan en la tabla VII-4.

Numero de modelo	Capacidad de diseño @ 150 PSI (10.34 bar)		Peso	
	gpm	lpm	Lb.	Kg.
PHB-10 A (Portátil)	100	379	10	4.5
PHB-15 A (Portátil)	150	568	10	4.5
PHB-20 A (Portátil)	200	757	10	4.5
PHB-25 A (Portátil)	250	946	10	4.5
PHB-30 A (Portátil)	300	1136	10	4.5

Tabla VII-4. Características de flujo de un PHB portátil.

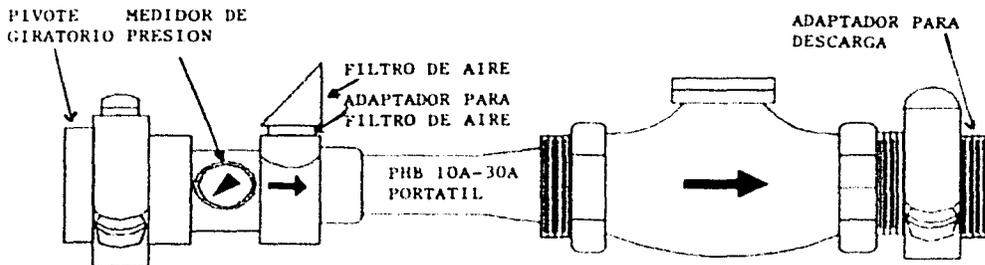


FIG VII-1. Ensamblado de un PHB portátil.

Numero de modelo	Capacidad de diseño @ 150 PSI (10.34 bar)		Peso	
	GPM	LPM	Lb.	Kg.
PHB-10	100	379	9	4.1
PHB-15	150	568	9	4.1
PHB-20	200	757	9	4.1
PHB-25	250	946	9	4.1
PHB-30	300	1136	9	4.1
PHB-35	350	1325	40	18.1
PHB-40	400	1514	40	18.1
PHB-45	450	1703	40	18.1
PHB-50	500	1892	40	18.1
PHB-55	550	2082	40	18.1
PHB-60	600	2271	40	18.1
PHB-65	650	2460	85	38.5
PHB-70	700	2650	85	38.5
PHB-75	750	2839	85	38.5
PHB-80	800	3028	85	38.5
PHB-85	850	3217	85	38.5
PHB-90	900	3406	85	38.5
PHB-95	950	3596	85	38.5
PHB-100	1000	3785	85	38.5

Tabla VII-5. Características de flujo de un PHB fijo.

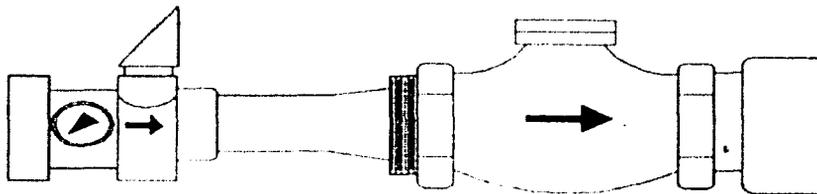


FIG. VII-2. Ensamblado de un PHB fijo del 10 al 30.

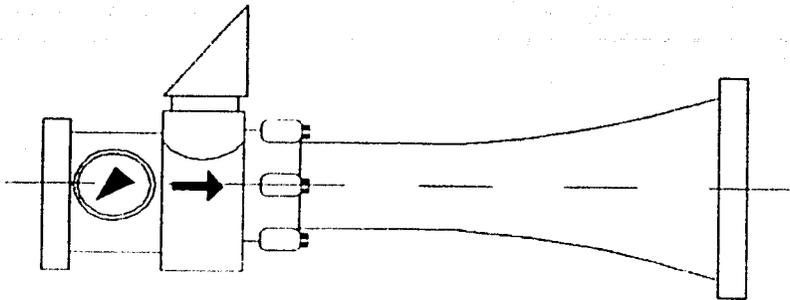


FIG. VII-3. Ensamblado de un PIB fijo del 35 al 60.

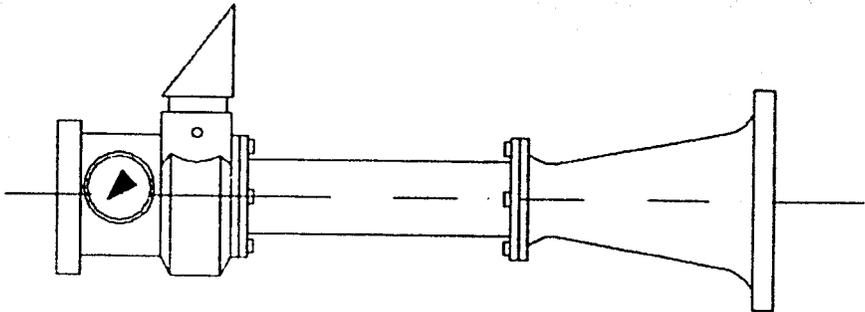


FIG. VII-4. Ensamblado de un PIB fijo del 65 al 100.

Requisitos de presión La presión de descarga posterior del PHB es la suma de la presión de la cabeza en el tanque, la manguera y las pérdidas por fricción en la tubería y el tanque. Las presiones posteriores no deben exceder el 40% en la presión de entrada. Mientras las espumas del PHB expanden la solución de 2 a 4 veces, son usados para determinar fricción de la espuma y las pérdidas de velocidad.

Ejemplos típicos de velocidades de entrada de espuma, pérdidas por fricción en la cabeza se calculan en el siguiente párrafo

Elevación de las descargas. No se debe descargar en el fondo del agua, será por lo menos 1 pie sobre el nivel del agua para prevenir destrucción de la espuma.

Velocidad de entrada. Las pruebas de subsuperficie demuestran que en los líquidos de Hidrocarburos es afectada la velocidad de descarga.

A mayor velocidad se entranpan la espuma en el combustible por lo que la máxima velocidad para líquidos de la clase 1B es de 10 pies/seg (3 m/seg.) y 20 pies/seg (6 m/seg.) para otra clase de productos.

Cuando se requieren 2 ó mas salidas se localizaran en el viaje a la superficie y no excederá 100 pies (30 m).

La siguiente ecuación muestra las velocidades de flujo a través de las tuberías ó por grafica VII-1.

$$V = Q/d^2 \times 0.4085 \dots\dots\dots 1 \quad \text{S.I.}$$

$$V = Q/d^2 \times 21.22 \dots\dots\dots 2 \quad \text{S.M}$$

Donde:

V → velocidad d flujo

D → diámetro de la tubería (pg ó mm)

Pérdidas de presión por fricción en la cabeza. La siguiente ecuación muestra las pérdidas de presión por fricción ó por grafica VII-2.

$$\text{Pérdidas de presión por fricción} = 0.0000625 \times Q^2/d^5 \dots\dots\dots 3 \quad \text{S.I.}$$

$$\text{Pérdidas de presión por fricción} = 10.42 \times Q^2/d^5 \dots\dots\dots 4 \quad \text{S.M.}$$

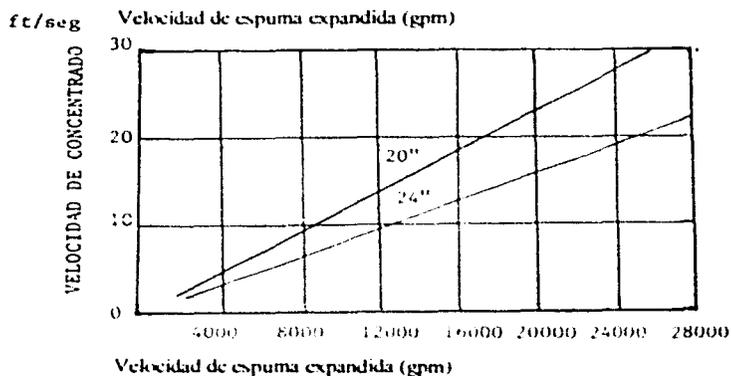
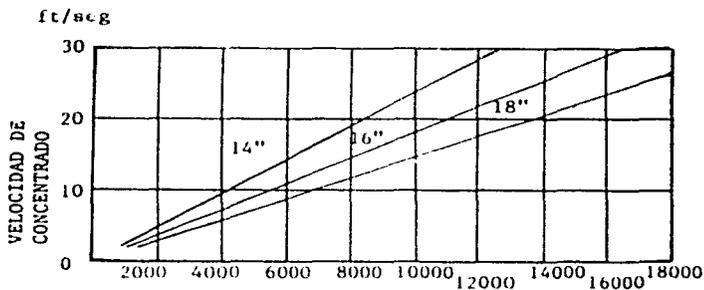
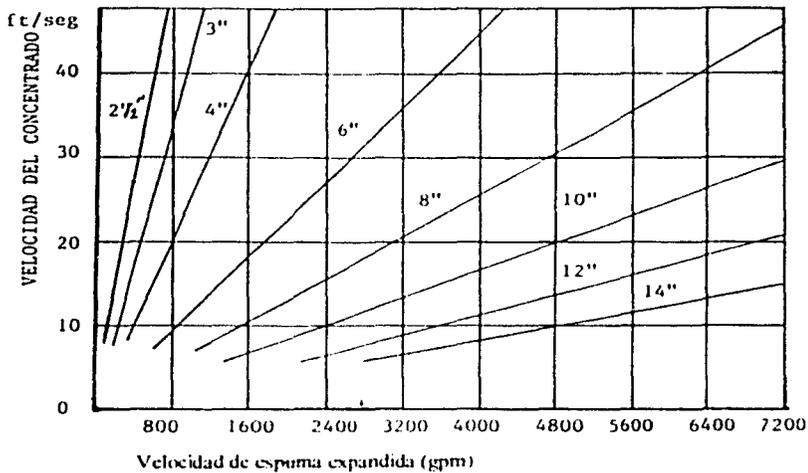
Configuración de tuberías

Existen tres maneras básicas de Inyectar Espuma en la base de un tanque.

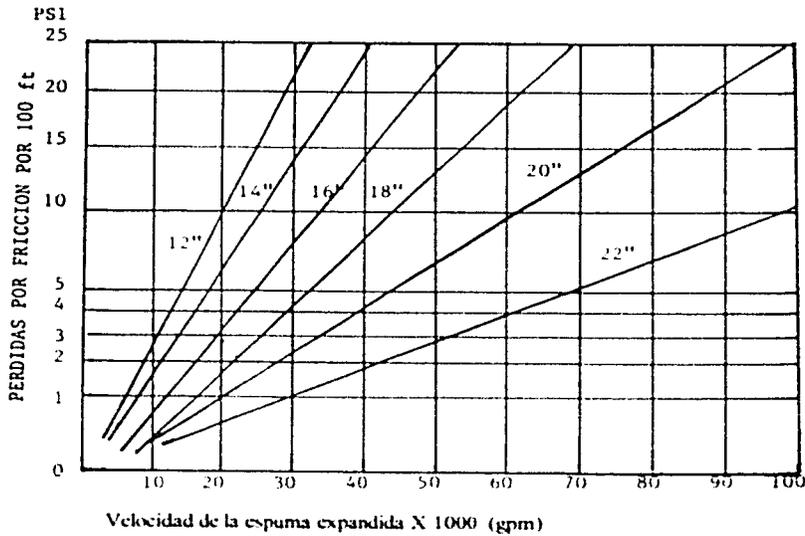
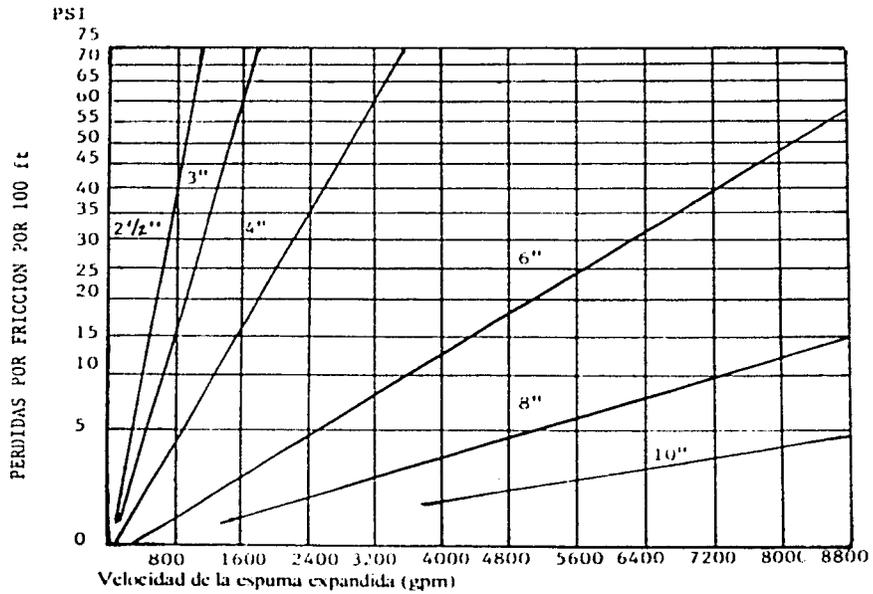
- a) Uniendo las pestañas existentes ó conexiones en cualquier línea del producto.
- b) Agregando una conexión especial al tanque posiblemente un camino abierto.
- c) Instalando un sistema de espuma fijo de varios productos.

Un arreglo de unión de un PHB se muestra en la fig 7-1. Son aconsejables las válvulas de descarga, la válvula check y el disco de ruptura.

Una consideración importante es la línea de flujo que termina que termina en el tanque, la velocidad de descarga no debe exceder 10 ó 20 pies/seg. y el flujo no se debe descargar en el fondo del agua para proporcionar una inyección de espuma satisfactoria.



Gráfica VII-1. Velocidad de la espuma Vs. diámetro de tubería.



Gráfica VII-2. Pérdidas de presión por fricción.

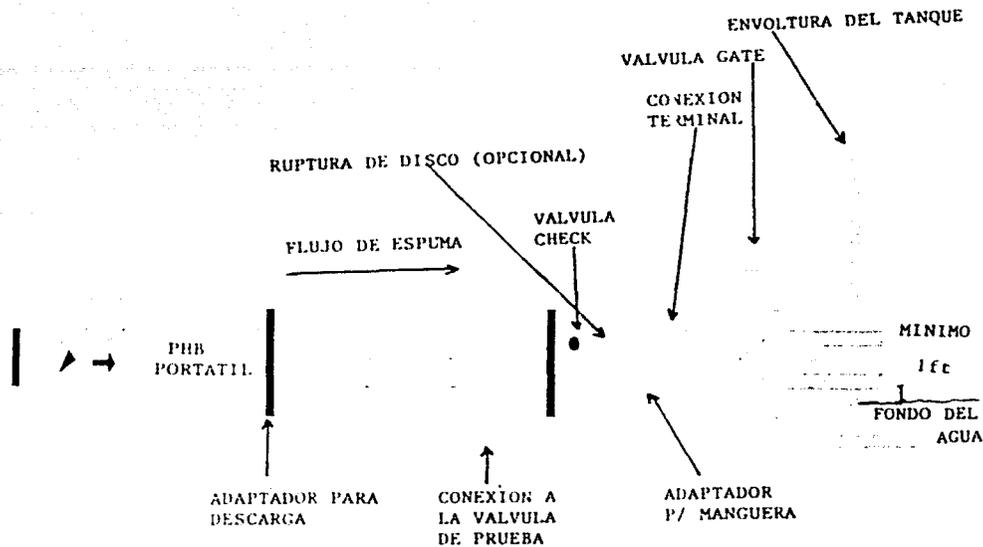


FIG. VII-5. Ensamblado de un PHB Portátil.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO VIII

EJEMPLO DE DISEÑO.

Ejemplo:

Se tiene un tanque de diámetro de 85 pies (25.9 m) contiene líquidos de clase IB, se tiene una presión de descarga de 150 psi y una tubería de suministro de diámetro de 10 pg el flujo de espuma que se aplicara será de 600 gpm.

¿Calcular la velocidad de flujo y las pérdidas por fricción?

La presión de descarga no debe exceder el 40% a la presión de descarga, entonces se tiene

$$P = 150 \times 40\% = 60 \text{ psi (14.4 bar).}$$

La cabeza estática a 40 pies (12.2 m) a nivel del producto es 14.5 psi (1 bar).

Por lo que 60 psi - 14.5 psi = 45.5 psi disponibles para la pérdida por fricción en la tubería entre el PHB y el tanque.

La velocidad de flujo se calcula aplicando la ec (1) ó por grafica VII-1.

$Q \rightarrow$ Aplicando el radio de expansión de 4:1 se tiene que:

$$Q = 600 \times 4 = 2400 \text{ gpm}$$

$$V = Q/d^2 \times 0.4085 = 2400 / 10^2 \times 0.4085 = 9.8 \text{ pies / seg.}$$

La velocidad de flujo que entra al líquido almacenado está dentro del rango de velocidad.

Como un ejemplo adicional se calculara la velocidad de flujo en una tubería de diámetro de 6 pg.

$$V = Q/d^2 \times 0.4085 = 2400 / 6^2 \times 0.4085 = 27.3 \text{ pies/seg.}$$

Por lo que se concluye que la velocidad seria excesiva por lo que se tendria que cambiar la tubería por una de mayor diámetro.

Las pérdidas por fricción en la cabeza se calcula aplicando la ec (3) ó por grafica VII-2.

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas de presión por fricción} &= 6.25 \times 10^3 \times Q^2/d^5 = 6.25 \times 10^3 \times 2400^2/10^5 = \\ &= 0.36 \text{ psi/100 pies} \end{aligned}$$

EJEMPLO:

Se tiene un tanque de techo cónico de 120 pies de diámetro y una altura de 40 pies, contiene Keroseno. La tubería de acceso tiene un diámetro de 12 pg.

Concentrado → Se selecciona el tipo 3%.

Aplicación del Concentrado → La Solución mínima será de 0.1 gpm/pies² en el área de la superficie del producto.

$$\begin{aligned} \text{Flujo de Espuma} &= \text{Área} \times \text{Concentrado} = A \times R = \\ &= 11310 \text{ pies}^2 \times 0.1 \text{ gpm/pies}^2 = 1131 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Requiere un Concentrado de Espuma = Flujo de Espuma x % x Tiempo

Refiriéndose a la tabla VII-3, se tiene:

$$= 1131 \text{ pies}^2 \times 0.03 \times 30 \text{ min.} = 1018 \text{ gal}$$

Flujo de Espuma Suplementario → Refiriéndose a la tabla VII-1 se tiene que:

$$2 \times 50 \text{ gpm} = 100 \text{ gpm}$$

Por lo que el Flujo Suplementario será de:

$$100 \text{ gpm} \times 0.03 \times 30 \text{ min.} = 90 \text{ gal}$$

El Flujo Total de Espuma será de: 1018 gal + 90 gal = 1108 gal.

Refiriéndose a la tabla VII-4. Se eligen 4 PHB-30's ó 3 PHB-40's que proveen un flujo de 1200 gpm @ 150 psi (10.34 bar)

IX) CONCLUSIONES.

Lo mas valioso para las empresas son los recursos humanos, ya que estos dan productividad, los cuales se ven disminuidos por la ocurrencia de accidentes, lo que representa pérdidas de vidas y altos costos para reponer esos recursos.

En PEMEX su personal por su alta especializacion, tiene el compromiso de desarrollar técnicas y fomentar el interes por la seguridad, creando una conducta de responsabilidad entre los trabajadores, para poder tener exito en la prevencion de accidentes, garantizando el bienestar colectivo

Los temas que aqui se desarrollan tienen como objetivo ayudar a la formacion del Ingeniero Petrolero a fin de que pueda aplicar los sistemas mas adecuados para prevencion y control de incendios, asumiendo totalmente sus responsabilidades dentro de la Industria Petrolera y realmente reduciendo los accidentes que en última estancia afectan al patrimonio nacional.

Si en cualquier otra industria es redituable la prevencion de accidentes, en la Industria Petrolera tiene mayor vigencia esta actividad.

RESUMEN.

El capítulo 1 habla sobre aspectos generales de seguridad, ventajas y razones para prevenir los accidentes de trabajo, mencionando razones para la prevención de accidentes, procesos administrativos sobre la seguridad, incluye algunos artículos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y de la Ley Federal del Trabajo sobre condiciones legales de seguridad, cuya función es proteger la integridad del hombre en su trabajo y mantenerlo activo, contribuyendo a una mejor y mayor producción.

El capítulo 2 analiza los problemas de incendio que se deben afrontar como un riesgo personal antes y después de cada incendio, mediante una educación para la seguridad contra incendios, debe estar dirigida para desarrollar y cambiar la actitud y conducta del ser humano, además debe incluir un programa educativo bien planificado, ser continuo medible y eficaz, y deben tener un objetivo y estar dirigidos a problemas reales, lo que en este capítulo se ocupa mencionando algunas propiedades físicas, químicas y clasificación de los líquidos inflamables y combustibles así como de los gases, incluyendo los métodos para control de las fuentes de inflamación y materiales combustibles.

El capítulo 3 analiza las distintas clases de Tanques utilizados para almacenar líquidos inflamables, combustibles y gases, mencionando algunos aspectos de construcción e instalación y precauciones necesarias para manipular los líquidos al cargarlos.

El capítulo 4 analiza la norma 650 API (Construcción de Tanques de Almacenamiento), mencionando materiales, diseño de envoltura, fondo y techo, sus conexiones en envoltura y fondo y algunos accesorios así como algunas recomendaciones para la construcción del subsuelo.

Cuando un tanque se diseña bajo normas y requisitos API responde a especificaciones rigurosas por lo que el tanque será el adecuado y contará con la mayor seguridad posible para almacenamiento de los diferentes fluidos en la Industria Petrolera.

El capítulo V analiza los métodos y criterios de diseño para protección contra incendios a Tanques de Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, mencionando el número y tamaño del equipo y la cantidad de concentrado para hacer posible una mejor distribución de la espuma para control de incendios.

El capítulo VI analiza la norma 11 NFPA, trata sobre la preparación y técnicas de aplicación de espumas de baja, mediana y alta expansión.

Cubriendo características de los materiales productores contra incendios y los requisitos para su diseño, instalación, operación, pruebas y mantenimiento de los sistemas, así como la conservación de áreas interiores y exteriores donde se instalan tanques de almacenamiento.

El capítulo VII analiza los métodos y criterios de diseño para protección contra incendios a Tanques de Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, mencionando el número y tamaño del equipo y la cantidad de concentrado para hacer posible una mejor distribución de la espuma para control de incendios.

BIBLIOGRAFÍA.

Seguridad Industrial.

E. U. Bureau of Labor Standards.

Seguridad Industrial.

Roland P. Blake. 1976

Seguridad Industrial.

Ing. Jesús Tavera Barquin.

Manual técnico de Seguridad.

W. J. Hackett & G. P. Robbins. 1982

Guía para la Integración y Registro de las Comisiones Mixtas
De Seguridad e Higiene.

Secretaría del Trabajo Social y Previsión Social.

Instituto Mexicano del Seguro Social. 1981

Higiene y Seguridad del Trabajo y Problemas del Ambiente.

Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene. 1973

"Guide for Inspection of Refinery Equipment, Atmospheric and Low-Pressure Storage
Tanks" : Chapter XIII, Second Edition, 1964, API.

"Recommended Rules for Design and Construction of Large Welded Low-Pressure Storage
Tanks API Supplement No 3, 1975.

"Standard for L.P-Gas Storage Tanks"; Sanpo Incorporated, Japan 1968.

Reynal Guillermo, Jaskille R. Salomón; " Recuperación de vapores de petróleo"; México
D.F., Abril 1967.

Norma 650 API.

Norma para Construcción de Tanques de Almacenamiento

Instituto Mexicano del Petróleo. 1980

Norma 11 (NFPA)

FIRE Protection Guide on Hazardous Materials.

Norma para Espumas de Baja, Mediana y Alta Expansión.

National Fire Protection Association (NFPA). 1994.