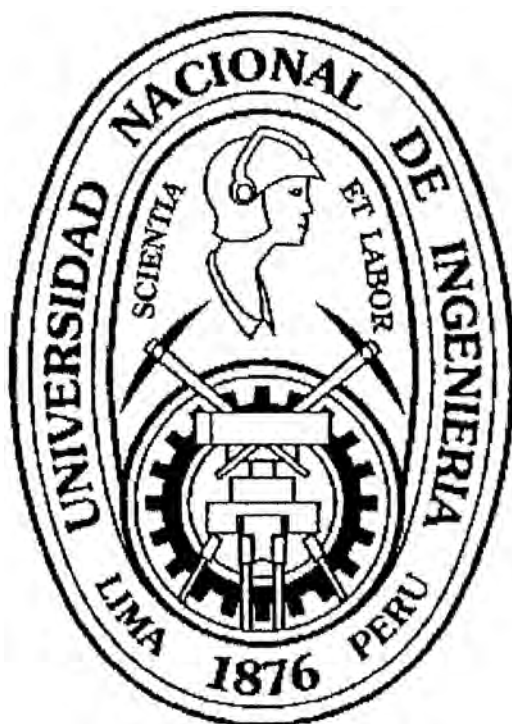


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas
Natural y Petroquímica



**“ESTUDIO DE RIESGOS DE EXPLOSIÓN EN
PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE
LÍQUIDOS INFLAMABLES DE CLASE I”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO PETROQUIMICO

NANCY LUISA OSORIO ROMÁN

PROMOCION 2004- I

INDICE

	Página
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	ii
CAPITULO I – ANTECEDENTES	1
CAPITULO II – CLASIFICACION LIQUIDOS INFLAMABLES	7
CAPITULO III – CLASES DE ALMACENAMIENTO	14
3.1 Clasificación de tanques	16
CAPITULO IV –TANQUES DE ALMACENAJE	25
4.1 Diseño de construcción de tanques	25
4.2 Precauciones de derrames	29
4.3 Instalaciones de tanques y accesorios	31
4.4 Proyecciones de drenaje de agua	39
4.5 Tanques de almacenaje en edificios	40
4.6 Almacenaje en cilindros y tanques portátiles	44
CAPITULO V – OPERACIONES	50
5.1 Diseño de Instalación	50
5.2 Construcción	51
5.3 Ventilación	52
5.4 Manejo, Transferencia y operaciones	53
5.5 Limpieza de Tanques	54
5.5.1 Eliminación de vapores por desplazamiento	55
5.5.2 Producción de una atmósfera inerte	57
5.5.3 Eliminación de residuos	57
5.6 Riesgos potenciales	59
5.6.1 Operación en tanque de almacenamiento	60
5.6.1.1 Sobrellenado	61
5.6.1.2 Sobrepresurización	62
5.6.1.3 Trabajos en Manhole abiertas	63
CAPITULO VI – TRANSPORTE DE LÍQUIDOS INFLAMABLES	64
6.1 Operaciones de carga y descarga	64
6.2 Carga y descarga en cisternas	65
6.3 Accidentes en camiones cisternas	68
6.3.1 Sobrellenado	68
6.3.2 Rotura de mangueras	69
6.3.3 Problemas en cisternas	70
CAPITULO VII – CONTROL DE FUENTES DE IGNICIÓN ELECTROSTÁTICA	72
7.1 Equipos e Instalaciones eléctricas	74
7.2 Planta de almacenamiento de líquidos inflamables	76
7.3 Requerimientos Complementarios	82

CAPITULO VIII – SISTEMA DE TUBERIAS Y FUGAS	83
8.1 Tuberías para tanques atmosféricos	83
8.1.1 Requerimientos Complementarios	89
8.2 Fugas	90
8.2.1 Válvulas de drenaje y venteo	91
8.2.2 Métodos para controlar fugas	92
CAPITULO IX – DESARROLLO DE TESIS DEL RIESGO	94
9.1 Explosión por ignición	94
9.2 Dispersión de gases o vapores	98
9.3 Modelo Britter McQuaid	99
9.4 Limites de Inflamabilidad	102
9.5 Aplicación de Modelo Britter McQuaid	103
9.6 Resultado de Cálculos	105
CAPITULO X – TECNICAS DE RIESGO	110
10.1 Evaluación de riesgos	110
10.2 Fases de la evaluación de riesgos	111
10.2.1 Análisis de riesgo	112
10.2.2 Valoración del riesgo	115
10.3 Control de riesgo	117
CAPITULO XI – RENTABILIDAD DEL ANALISIS DE RIESGOS	120
11.1 Daños económicos	122
11.2 Cuantificación de riesgo	125
CAPITULO XII – PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE RIESGOS	127
12.1 Explosión de líquidos inflamables	127
12.2 Formas para Prevenir Explosiones en tanques de Almacenamiento	131
12.3 Medidas de prevención complementarias	133
12.4 Medidas para evitar derrames	137
12.5 Inspección de Tanques	138
CAPITULO XIII – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
BIBLIOGRAFIA	147
GLOSARIO	148
ANEXOS	151

Quiero dedicarle esta tesis
A mi Padre Celestial que me ha dado la vida,
fortaleza, paciencia y sabiduría
para terminar este proyecto de investigación,
A mis Padres por estar ahí cuando más los necesité;
especial a mi madre por su ayuda y constante cooperación y
A mis hermanos por apoyarme y ayudarme en los
momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Amador Paulino Romero, por su apoyo y asesoramiento durante la elaboración de la tesis.

Al Ing. Juan Espinoza Podio y a la Ing. Virginia Quispe Ascencio, por el apoyo brindado en la revisión del presente trabajo.

A todos mis familiares, profesores y amigos que siempre han estado apoyándome a lo largo de toda la elaboración de esta tesis.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

En los últimos cincuenta años, la industria petroquímica ha experimentado cambios de gran importancia. A medida que los avances tecnológicos han dado origen a la aparición de nuevos materiales, procesos e incluso nuevas industrias han surgido un aumento casi exponencial en el número de aplicaciones de los productos petroquímicos disponibles en el mercado. Cada año, hay cientos de nuevos productos que se incorporan a las decenas de miles existentes en el mercado actual. A pesar de una gran diversificación de la oferta, un 90 por 100 del consumo está concentrado en un 5 por 100 de los productos.

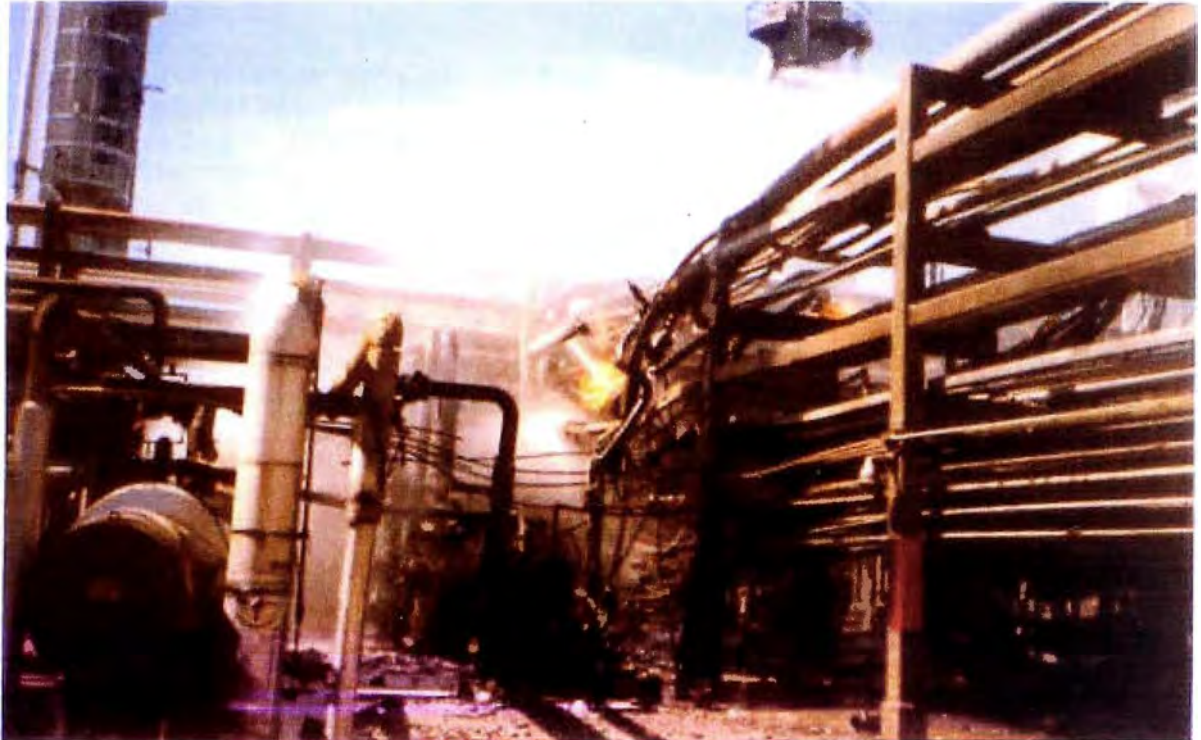
Hoy en día existen plantas petroquímicas, de gran tamaño, las cuales han incrementado su capacidad con respecto a la magnitud de algunas unidades en los últimos treinta años. Así que este crecimiento, tanto en número de industrias como su capacidad, ha acrecentado el número de personas que pueden exponerse a las consecuencias de un accidente industrial.

El costo de los accidentes en la industria petroquímica es difícil de cuantificar. Durante el año 1984, en sólo 5 accidentes que se produjeron en la industria causaron pérdidas directas estimadas en 268 millones de dólares.

Cada año suceden cientos de accidentes menores, sin que trascienda al público en general; inclusive el costo total de material directo de los accidentes es necesario añadirle el costo debido a las paradas de producción, pérdidas de materias primas y productos, debido a los litigios y las indemnizaciones por causa de daños a las personas o a la propiedad, así como, los seguros.

En el caso de surgir un desastre como en la planta petroquímica que se observa en la figura 1, la explosión podría causar daños severos a la industria petroquímica.

Figura 1. Explosión en una planta petroquímica



Asimismo, en la Tabla N° I-1 se mencionan algunos de los accidentes industriales mayores; entendiéndose, por accidente mayor a cualquier acontecimiento que implique una desviación intolerable sobre las condiciones de diseño de un sistema, y estos se relacionan con la fabricación, manipulación y transporte de productos inflamables.

Por eso, deben identificar los riesgos (daños o pérdidas), siendo esto un paso muy importante para el análisis; lo que implica, un estudio que justifique cuales son los mecanismos o secuencias de acontecimientos por los que el accidente pueda tener lugar, con el fin de obtener una oportunidad de actuar antes de que estos ocurran.

Tabla N° I -1: Algunos accidentes industriales notables ocurridos a partir de 1974

ACCIDENTE	CONSECUENCIAS
<p>Flixborough (UK), 1 de junio de 1974. En una planta de Nypro la rotura de una tubería provoca la descarga de unas 80 toneladas de ciclohexano líquido y caliente. La nube resultante de origen a una explosión de gran poder destructivo. La explosión abarco toda la planta.</p>	<p>28 trabajadores muertos, 36 heridos y 53 vecinos reportados con lesiones.</p>
<p>Camping de Los Alfaques, San Carlos de la Rápita (España), 11 de julio de 1978. Un camión de 39 Tm., sobrecargado con unos 45 m³ de propileno, dio origen a una explosión BLEVE al chocar con la pared de un camping.</p>	<p>Hubo 215 muertes.</p>
<p>Cubatao (Brasil), 25 de febrero de 1974. Un oleoducto sufre daños. La gasolina que escapa se evapora y se inflama, dando origen a una gran esfera de fuego.</p>	<p>Al menos 500 muertes.</p>
<p>México D.F., 19 de noviembre de 1984. Hacen explosión varios contenedores con GLP en San Juan de Ixhuatepec. Caída de presión fue vista en la sala de control, pero el operador no identifico la causa. La fractura en la tubería de 8", entre una esfera y una serie de cilindros.</p>	<p>452 muertos y más de 4200 heridos. El número de desaparecidos puede estar en torno a 1000 personas.</p>
<p>Bhopal (India), 17 de diciembre de 1984. Se produce un escape de 25 toneladas de gas venenoso (isocianato de metilo) en una planta de Unión Carbide que producía una sustancia insecticida. La emisión se esparce sobre una superficie de unos 40 km². Isocianato de metilo es dos veces más pesado que el aire y altamente tóxico.</p>	<p>2500 muertes directas por envenenamiento y aproximadamente el mismo número en condiciones críticas. Unas 150 000 personas requirieron tratamiento médico. Se produjeron efectos a largo plazo, como ceguera, trastornos mentales, lesiones hepáticas y renales, así como malformaciones embrionarias.</p>
<p>Guadalajara (México), 23 abril de 1992. Se produce una serie de explosiones en cadena a lo largo de una red urbana de alcantarillado de unos 13 km. de longitud, al parecer debido a vertidos de combustible en los mismos por parte de la empresa PEMEX.</p>	<p>Los datos oficiales informan de 200 muertos y 1500 heridos, 1200 viviendas destruidas, así como 450 inmuebles comerciales. Las estimaciones de daños económicos están en torno a los 7 000 millones de dólares.</p>
<p>Barsol (Holanda), 16 Diciembre de 2006. Estallaron seis tanques que almacenaban productos tóxicos y químicos como tolueno de 118 toneladas y el xileno de 45 toneladas, Propanol, metanol, alcitol y otros. Parece que había una persona realizando trabajos de mantenimiento en la estructura y a su vez se daba el trasiego de químicos hacia la cisterna que estalló.</p>	<p>Los datos dan 1 muerto y 2 personas en cuidados intensivos, personas con quemaduras, lesiones hepáticas y renales, trastornos.</p>

Fuente: Fundación MAPFRE

INTRODUCCIÓN

A pesar de que la seguridad en la industria petroquímica es muy antigua como la ingeniería; dado que, ésta pasaba desapercibida como una rama distinta hasta los años sesenta, cuando una nueva generación de plantas, más grandes que las anteriores, que operaban a presiones y temperaturas más elevadas, se vieron involucradas en una serie de accidentes como explosiones e incendios de gran relevancia. Ello hizo que la industria se diera cuenta de la importancia de prevenir los accidentes y de realizar un estudio mucho más sistemático y técnico que cualquier otro aspecto de la operación y diseño de plantas.

En los últimos años ha surgido un gran interés sobre la seguridad de los procesos como resultado de un apreciable número de accidentes muy serios. La mayor parte de los líquidos inflamables clase I, manejados en las industrias de los procesos, se almacena de forma a granel, ya sea en tanques que están al entorno de la operación o en plantas de abastecimiento. Por tal razón, la recepción, almacenaje, transferencia, despacho y distribución de líquidos en las plantas de procesos y plantas de almacenamiento constituyen una operación frecuente e importante en muchas industrias.

Para la construcción, diseño, mantenimiento y reparación, de tanques de almacenamiento, van a requerir de normas y códigos de ingeniería que deben aplicarse para evitar fallos y/o averías que pueden ocasionar una fuga de un producto tóxico. Por otro lado, la manipulación, trasvase, despacho y distribución tienen que hacerse de acuerdo a procedimientos establecidos y debidamente actualizados para evitar cualquier tipo de accidente, ya que estos líquidos inflamables son muy peligrosos.

Para estimar los riesgos potenciales que hay en una planta se debe hacer auditorias y revisiones a los procedimientos, inspecciones a las instalaciones donde se pueda tolerar el error humano y los fallos en sellos de las bombas, compresores, bridas, uniones, sistemas de venteos. De esta manera, se pueda minimizar los riesgos y peligros que son frecuentes en la industria petroquímica, y a la vez estos no puedan interferir en la producción y rendimiento de las operaciones.

Tanto los daños como las pérdidas humanas en los accidentes mayores, causados ya sea por explosión, incendios y/o derrames, son resultados de las emisiones gaseosas de sustancias inflamables y/o tóxicas que al hacer contacto con el aire generan un penacho o mezcla explosiva, y cuando esta mezcla llega al rango de inflamabilidad provoca una gran explosión que podría llegar hasta las viviendas más cercanas y causar una catástrofe.

Por todo ello, en este trabajo titulado “Estudio de Riesgos de Explosión en Plantas de Almacenamiento de Líquidos Inflamables Clase I”, se presenta el análisis de riesgos y peligros que se presenta al maniobrar productos inflamables durante el mantenimiento, instalación, construcción, diseño de tanques.

Es importante crear conciencia, en la Industria Petroquímica y la población en general, para poder incrementar, mejorar la seguridad en los diferentes operaciones; no sólo para proteger nuestro habitat, sino para evitar una catástrofe en nuestro país y al medio ambiente; ya que el mundo ha sido testigo de los daños irreparables y de las pérdidas humanas que podría causar una explosión o incendio de estos líquidos inflamables.

OBJETIVOS

El objetivo primordial es prevenir y controlar las pérdidas de líquidos inflamables que son almacenadas, recepcionadas, manipuladas, trasvasadas y despachadas debido a fugas, derrames o roturas de recipientes, de manera que los diferentes riesgos se identifiquen y puedan ser mitigados o anulados con un plan de contingencia.

Los objetivos específicos y análisis de este trabajo permitirán conocer mejor los siguientes puntos:

- Entender el marco general de actividades ingenieriles donde haya seguridad en las instalaciones generales, de manera que permitan el almacenamiento de líquidos inflamables clase I en forma segura.
- Analizar los riesgos potenciales que implica manejar productos peligrosos y los medios para minimizar o eliminar las posibilidades de accidentes industriales.
- Segmentar los productos manejados en función de su uso y compatibilidad química con otros almacenados en la planta a fin de mejorar su forma de almacenamiento, recepción, manipulación, trasvase, despachos o descargas.
- Aplicar de una manera más crítica las Normas y Códigos de ingeniería de aceptación global para el proyecto y diseño de las instalaciones involucradas, de manera que se garantice el trabajo de supervisión.
- Integrar los conocimientos de las distintas disciplinas relacionadas en el análisis y visión global de estas instalaciones.
- Prever los riesgos y actuar antes de que ocurran los accidentes.

CAPITULO II CLASIFICACIÓN DE LÍQUIDOS INFLAMABLES

Para tener un mejor conocimiento de la clasificación de los líquidos inflamables y se nos permita tener una disposición de ellos, para lo cual se requiere las siguientes definiciones:

Inflamable.- Describe cualquier sólido, líquido, vapor o gas que se inflama fácilmente y se queme rápidamente especialmente de forma violenta.

Punto de Inflamación.- Es la más baja temperatura de un material a la cual puede iniciar una combustión persistente, bajo condiciones de ensayo determinadas. Como otra definición se tiene que, la temperatura mínima a la que un líquido emite vapores suficientes para que, iniciada mediante una fuente de ignición ajena al mismo (chispa, llama, etc.) en una aplicación instantánea, se origine la combustión sostenida de dichos vapores. En la literatura anglosajona se conoce como flash point, esta definición puede aplicarse por extensión, a los sólidos combustibles.

Para la determinación del punto de inflamación de un líquido debe determinarse en concordancia con el método especificado; por ello, en la tabla N° II- 1, se presenta esta relación:

Tabla N ° II - 1: Métodos para la determinación del punto de inflamación

Norma	Significado	Viscosidad (v)	Temperatura (T)	Ejemplos
ASTM D 93	Método Normalizado de prueba para Punto de Inflamación por el Probador Cerrado Pensky Martens	$v < 5.5 \text{ cSt a } 40^\circ \text{ C}$	$T = (40-360^\circ \text{ C})$	diesel 2, residuales
ASTM D 56	Método Normalizado de prueba para Punto de inflamación por el probador de Copa cerrada Tag	$v < 5.5 \text{ cSt a } 40^\circ \text{ C}$ $v < 9.5 \text{ cSt a } 25^\circ \text{ C}$	$T < 93^\circ \text{ C}$	solvente, kerosene, nafta, crudo volátil
ASTM D 92	Método Normalizado de prueba para punto de inflamación mediante la copa abierta Cleveland		$79^\circ \text{ C} < T < 400^\circ \text{ C}$	aceites lubricantes, productos pesados

Nota: cSt =mm²/s

Punto de Autoignición.- Es la temperatura mínima a la que pueda calentarse un combustible o líquido inflamable en presencia de aire para que se pueda producir su combustión espontánea, sin el aporte de una fuerza de activación externa o una fuente de ignición. La autoignición transcurre sin necesidad de llama o chispa, a partir del propio nivel térmico de la mezcla gaseosa, o bien por contacto con una superficie caliente.

Líquido inflamable.- Es el líquido que libera vapores al cual se inflama fácilmente a temperaturas ambiente. Según Department of Transportation de EE.UU. (DOT) lo define como un líquido inflamable con un punto de inflamación no mayor de los 61°C. Tanto NFPA como OSHA generalmente definen a un líquido inflamable como un líquido con un punto de inflamación por debajo de 37.8° C.

Los líquidos inflamables, en general, son clasificados de la siguiente manera:

a.- Líquido Clase I – Es cualquier líquido que posee un punto de inflamación 37.8° C (100° F) y con una presión de vapor que no exceda de 40 psia a 37.8° C (100° F). Además, los líquidos Clase I se clasifican en:

Tabla N ° II- 2. Clasificación de Líquidos Inflamables Clase I según NFPA 30

CLASE NFPA 30	PUNTO DE INFLAMACION (PI)	PUNTO EBULLICION (PE) o PRESIÓN DE VAPOR (PV)
Clase I	PI < 37.8° C (100° F)	PV < 40 psia a 100° F
Clase I A	PI < 22.8° C (73° F)	PE < 37.8° C (100° F)
Clase I B	PI < 22.8° C (73° F)	PE ≥ 37.8° C (100° F)
Clase I C	PI ≥ 22.8° C (73° F)	PE < 37.8° C (100° F)

- *Líquido Clase I A* - Se refiere a líquidos que tienen puntos de inflamación por debajo de 22.8° C (73° F) y con puntos de ebullición debajo de 37.8° C (100° F).

Ejemplo: dietil éter, oxido de etileno, crudos livianos, etc.

- *Líquido Clase I B* - Se refiere a líquidos que tienen puntos de inflamación por debajo de 22.8° C (73° F) y con puntos de ebullición igual o superior a 37.8° C (100° F).

Ejemplo: Gasolina para motores y aviación, tolueno, etc.

- *Líquido Clase I C* - Se refiere a líquidos que tienen puntos de inflamación iguales o superiores a 22.8° C (73° F), pero inferiores a 37.8° C (100° F). Ejemplo: algunas pinturas, algunos cementos, etc.

b.- Líquido Inflamable (Organización Marítima Internacional- OMI)

De acuerdo a la Ley No. 16.246 (Ley de Puertos del 23 de abril de 1992), se indica en el numeral 105; se debe crear un Manual o Reglamento de Mercaderías Peligrosas de la Autoridad Portuaria (ANP) que contenga la indicación de las mercaderías de despacho directo a almacenar en la zona de cargas peligrosas (terminal).

Dicho manual tiene como objetivo la adopción y divulgación en la comunidad portuaria de las normas que, sobre la materia ha establecido la Organización Marítima Internacional (OMI) y que responde básicamente a la clasificación, rotulación, segregación, documentación e informaciones técnicas de mercaderías peligrosas.

Las sustancias peligrosas para líquidos inflamables se clasifican de acuerdo a la siguiente forma:

Tabla N ° II- 3. Clasificación del punto de Inflamación

CLASE 3	PUNTO INFLAMACIÓN (PI)
Clase 3.1	PI < -18° C
Clase 3.2	-18° C (0° F) ≤ PI < 23° C (73° F)
Clase 3.3	23° C (73° F) ≤ PI < 61° C (142° F)

PI = Punto de Inflamación

c.- Sistema de la National Fire Protection Association (NFPA 704-M).

En resumen esta norma establece los peligros que pueden ser originados por la exposición aguda a corto plazo de un material cuando se esté tratando bajo condiciones de fuego, derrame, emergencias similares. El objetivo principal es poder identificar puntualmente a los materiales peligrosos, donde las marcas proporcionan una idea de los peligros que pueda tener la sustancia, y de la severidad de tales peligros cuando se esté manipulando, así también en caso de protección, exposición y control de incendios que esto implique. El sistema identifica el peligro de una sustancia en cuatro aspectos principales: salud, inflamabilidad, reactividad y peligros no usuales tales como su reactividad con agua. Además, el grado de severidad para la salud, la inflamabilidad y la reactividad se indica mediante una cierta numeración que va desde 0 (peligro mínimo) hasta 4 (peligro severo), y a la vez ésta es representada en forma de rombo donde se incluyen las calificaciones numéricas y se puede mostrar en la tabla continuación:

Tabla N ° II- 4: Cuadro de Calificación del Peligro de Inflamabilidad

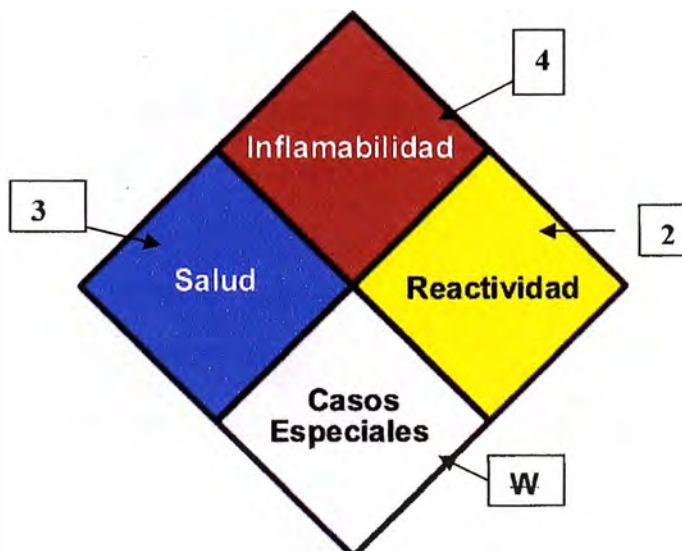
0 = Peligro mínimo	Materiales que no arderán. Esto incluye cualquier material que no se quemará en el aire y cuando sea expuesto a temperaturas de 815.5° C (1500° F) por un periodo de 5 minutos.
1 = Peligro Leve	Materiales que deben ser precalentados antes de que ocurra ignición. Incluyen líquidos, sólidos y semi sólidos que tienen un punto de inflamación por encima de los 93.3° C (200° F). (Líquidos clase III B). También materiales que se quemarán en aire cuando sea expuesto a temperatura de 815.5° C (1500° F) por un periodo de 5 minutos o menos.

2 = Peligro Moderado	Materiales que deben ser calentados moderadamente o expuestos a temperaturas ambiente elevadas antes de que ocurra la ignición. Incluyen líquidos que tienen un punto de inflamación por encima de 37.8° C (100° F) pero debajo de 93.3° C (200° F). (Líquidos de Clase II y Clase III A).
3 = Peligro Grave	Líquidos y sólidos capaces de encenderse bajo casi todas las condiciones de temperatura ambiente normales. Incluyen líquidos inflamables que tienen puntos de inflamación por debajo de 22.8° C (73° F) y con puntos de ebullición superior a 37.8° C (100° F) y líquidos con puntos de inflamación por encima de 22.8°C (73°F) y debajo de 37.8° C (100°F). (Líquidos Clases I B y Clase I C).
4 = Peligro Severo	Materiales que se vaporizarán rápidamente o completamente a la presión atmosférica y temperatura normal a ambiente o que son dispersados en el aire, en el cual serán quemados fácilmente. Esto incluye: Gases inflamables o líquidos inflamables muy volátiles con puntos de inflamación por debajo de 22.8°C (73° F) y puntos de ebullición por debajo de 37.8°C(100° F). Los materiales pueden encenderse espontáneamente con el aire. (líquidos Clase I A)

Fuente: NFPA 704. Standard System for the identification of the hazards of materials for emergency response, 1996

Para las unidades de transportes se visualiza el siguiente rombo:

Rombo NFPA 704: Para transporte



Posición 3.- Peligro contra la Salud (Azul). Grado de peligro, nivel de protección a corto plazo.

- 0 = Normal
- 1 = Ligeramente peligroso
- 2 = Peligroso
- 3 = Extremadamente Peligroso
- 4 = Mortal

Posición 4.- Inflamabilidad (Rojo). Susceptibilidad a la combustión.

- 0- No se incendiará
- 1- > 93.3 ° C (200 ° F)
- 2- < 93.3 ° C (200 ° F)
- 3- < 37 ° C (100 ° F)
- 4- < 22.8 ° C (73 ° F)

Posición 2.- Reactividad, Inestabilidad (Amarillo). Energía liberada si se quema, descompone o mezcla.

- 0 = Estable
- 1 = Inestable si es calentado
- 2 = Cambio Químico Violento
- 3 = Mediante Colisión y / o calor puede Explotar
- 4 = Puede Explotar.

Posición D.- Peligro Especial (Blanco)

- Oxidante = OXI
- Álcali = ALK
- Ácido = ACID
- Corrosivo = COR
- No se Usa agua = Ψ

NFPA 704 - Símbolos de precauciones especiales y son las siguientes:

inflamable



radiactivo



corrosivo



gas comprimido



explosivo



veneno

Combustible Líquido

Es cualquier líquido que posee un punto de inflamación que se clasifican en Clase II y Clase III.

A.- *Líquido Clase II.*- Se refiere a cualquier líquido que tiene punto de inflamación igual o superior a 37.8 ° C e inferiores a 60 ° C.

Ejemplo. Aceite combustible, kerosene, polvos combustibles o explosivos, etc

B.- *Líquido Clase IIIA.*- Se refiere a cualquier líquido que tienen puntos de inflamación igual o superior a 60 ° C, pero inferior a 93 ° C.

C.- *Líquido Clase IIIB/ IV.*- Se refiere a cualquier líquido que tiene punto de inflamación igual o superior a 93° C como por ejemplo: papel, madera, hule, plásticos, cera de parafina, aceite de cacahuete, etc. Estos materiales van a desprender grandes cantidades de vapores que favorecen la combustión hasta reducirse a cenizas.

Materiales inestables

Los materiales inestables expuestos al aire, agua, calor, golpes o presiones se polimerizan, luego se descomponen y se someterán a reacciones de condensación o reaccionan por sí mismos.

En gran parte son los gases y los líquidos (hidrocarburos). En caso de líquidos podrían encontrarse en estado puro o en todo caso es comercialmente producido o transportado. Por ejemplo: la descomposición del acetileno, la hidracina, o el óxido de etileno puede originar explosiones violentas.

CAPITULO III CLASES DE ALMACENAMIENTO

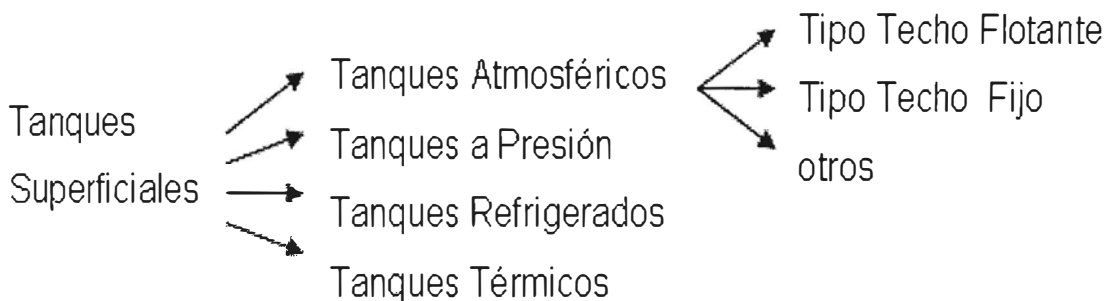
Los líquidos pueden almacenarse en diferentes sistemas, clasificándose de manera general en sistemas “convencionales” y sistemas “no convencionales”.

Los almacenamientos llamados *convencionales* consisten en tanques superficiales y tanques enterrados.

Los tanques superficiales son aquellos cuyas paredes laterales y techo están en contacto directo con la atmósfera, se subdividen en tanques atmosféricos, tanques a presión, tanques refrigerados y tanques térmicos.

Los tanques enterrados son aquellos cubiertos con material sólido y expuesto a presiones ocasionadas por el empuje o peso del material que lo rodea.

El almacenamiento *no convencional* puede ser: el almacenamiento en pozas abiertas, almacenamiento flotante, almacenamiento en cavernas, almacenamiento en tanques de concreto pretensado o almacenamiento en plataformas marinas.



Otra denominación como tanques cilíndricos verticales:

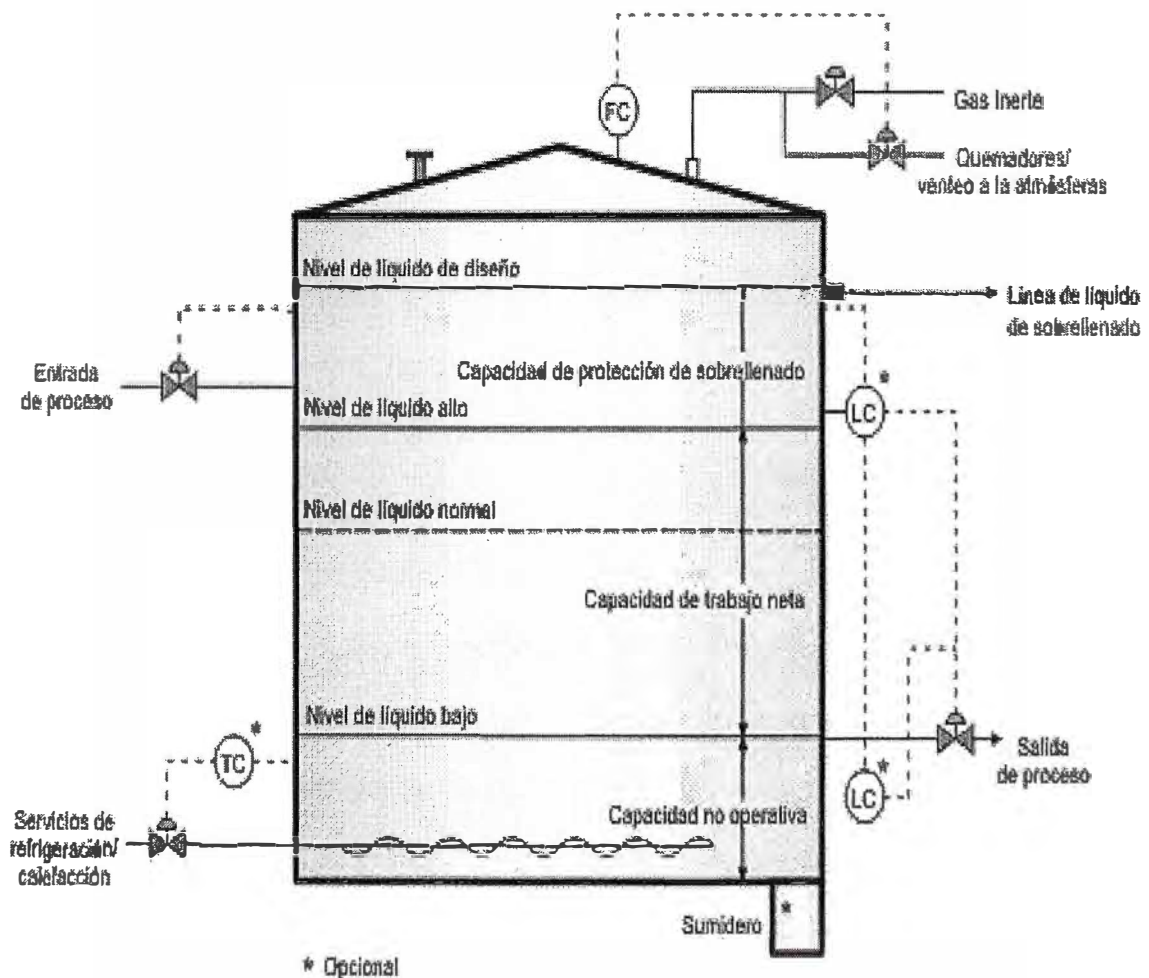
Se emplean para almacenar productos de diferente naturaleza química (ácidos, álcalis, hidrocarburos, efluentes industriales, etc.) y son de gran capacidad de almacenaje (V

= 10 a 20.000 m³). Estos a su vez pueden ser clasificados según los distintos aspectos:

1. Tipo de cobertura: abiertos o techados
2. Tipo de techo: fijo o flotante. Techos flotantes a pontón o a membrana
3. Tipo de fondo: plano o cónico

Con relación a la selección de los tanques cilíndricos, optar por una u otra forma dependerá del volumen requerido, el espacio disponible, las inversiones exigidas, etc. Se puede ilustrar para un tanque de almacenaje de hidrocarburos como se muestra a continuación:

Figuras N° III-1: Tanque API para almacenaje de hidrocarburos



3.1 CLASIFICACIÓN DE TANQUES

A.- Tanque de Superficie

Este tipo de tanque se encuentra instalado sobre el nivel, a nivel o bajo nivel sin relleno.

B.- Tanques Atmosféricos

Los tanques atmosféricos serán usados para líquidos que tienen hasta una presión de vapor de 0.914 Kg/cm² abs. (13 psia) a nivel del mar. Por cada 300 metros de elevación, la máxima presión de vapor debe ser reducida en 0.035 Kg/cm² abs. (0.5 psia). Entre los principales tipos de tanques atmosféricos son de techo flotante y techo fijo.

- Los tanques atmosféricos de techo flotante, son aquellos en donde el techo flota sobre la superficie del líquido, donde se elimina el espacio para los vapores. Entre los principales de este tipo tenemos: techos de cubierta simple con pontones, techos de cubierta doble con pontones, y techos flotantes internos se podrían diferenciar con techos internos que sean rígidos y otros con sábanas flotantes. Los tanques atmosféricos de techo flotante serán utilizados en:

Almacenamiento de líquidos con Presión de Vapor Reid mayor a 0.281 K Kg/cm² abs. (13 psia) g/ cm² abs. (4 psia).

En caso de que el líquido sea almacenado a temperaturas cercanas en 8.3° C (15° F) a su punto de inflamación o a temperaturas mayores.

En este tipo de tanque su diámetro excede los 45 metros y se van a destinar al almacenamiento de líquidos de bajo punto de inflamación.

También se almacenará líquidos con alta presión de vapor que son sensitivos a degradación por oxígeno.

- Los tanques atmosféricos de techo fijo, pueden tener techo autosoportado o por columnas, la superficie de techo puede tener la forma de cono o domo. Este tipo de tanque opera con un espacio de vapores, el cual es afectado cuando el nivel de los líquidos varía.

Sus ventilaciones en el techo van a permitir la emisión de vapores y en el interior pueda mantenerse aproximadamente a la presión atmosférica (Fig. N° III-2), donde pueda producirse pérdidas de respiración, mientras que los tanques de techo fijo son usados para almacenar líquidos en razón a que no exigido.

Figura N° III 2: JPQ Terminal Internacional Bayovar Perú



Requisitos Mínimos de Construcción de Tanques Atmosféricos

Los tanques atmosféricos deben ser construidos de acuerdo a reconocidos estándares de diseño como: API 650, API 12B, API 12D, API 12F, UL 142, UL 58, UL 1316, o sus equivalentes. Cabe mencionar que, los tanques de baja presión y los tanques a presión podrán ser utilizados como tanques atmosféricos.

Una de las características de los tanques atmosféricos es que no podrán ser utilizados para almacenamiento de líquidos a temperaturas iguales o mayores a su punto de ebullición. Para la tubería tenemos boquillas o niples soldados a tanques fabricados con planchas de acero al carbono de baja resistencia, o tuberías con costura tipo API 5L.

En caso de emplear en el tanque planchas de acero de alta resistencia, sólo se utilizarán tuberías sin costura A-106 Grado B/C. Las planchas roladas para el montaje de boquillas o accesorios, serán del mismo material que la plancha del tanque a la que se suelda.

En tanques de **techo fijo**, la altura total es la distancia entre el fondo y la parte superior del ángulo circunferencial de refuerzo. Cuando se utilizan sábanas flotantes en este tipo de tanques, el diseño tomará en cuenta las dimensiones de esta cobertura. Se preverá márgenes de corrosión no menores a 1.5 mm para la estructura soporte de los techos fijos.

En los tanques de techo fijo los sistemas de ventilación (Fig. N° III- 3) estarán de acuerdo al API Std 2000, se tomarán en cuenta los regímenes máximos de bombeo y la capacidad de venteo de los tanques. Las ventilaciones libres serán tipo "cuello de ganso", tendrán en su extremo una malla de acero (MESH 4).

Las ventilaciones de presión-vacío se usan líquidos que tienen punto de inflamación menor a 37.8 ° C, o que se almacenan a una temperatura cercana en 8.3° C a su punto de inflamación, también llevan en su extremo abierto, una malla de acero (Mesh 4).

Figura N° III- 3: El sistema de venteo debe ser el adecuado para evitar accidente



Fuente: Fire School Venezuela, 2004.

Para tanques de **techo flotante**, la altura a considerarse será la distancia del fondo del tanque hasta la máxima altura de llenado. Además, la plancha de la cubierta es de un espesor no menor a 5 mm y son unidas por soldadura continua tipo filete, y para la tubería se tendrá que emplear cédula 80. Su diseño debe prever que no ocurran daños al techo del tanque en la ocurrencia de sobrellenos, para prevenir sobreesfuerzos en la cubierta o en el sello periférico se tendría adecuados sistemas de venteo. Todas las uniones soldadas, verticales y horizontales, de las planchas del cilindro, serán de penetración y fusión completa, no permitiéndose soldaduras a tope de paso simple (Fig. N° III-4).

Figura N° III-4: Tipo de soldadura débil en un tanque



Fuente: Fire School Venezuela, 2004.

- En tanques de **techo cónico**, sean éstos autoportados o no, se prevé una unión débil entre las planchas del techo y el ángulo de refuerzo en el cilindro del tanque. Cuando los techos autoportados son de tipo domo, o tipo sombrilla, la ventilación de emergencia es según API 2000.

El sistema de drenaje del techo será de manguera, o mediante tubos con uniones giratorias o un sistema de sifón. En los techos de cubierta simple se coloca, cerca al techo, una válvula de retención para prevenir el flujo inverso en caso de fugas en el sistema de drenaje. El diámetro del sistema de drenaje es tal que impida la acumulación del agua de lluvia esto se dará en la región sierra de nuestro país.

El espacio entre la periferia del techo y la pared interior del tanque es sellado por medio de un elemento flexible resistente a la abrasión, a la intemperie y al líquido almacenado. Además, todas las conexiones al cilindro, incluyendo boquillas, entradas

de hombre, y entradas de limpieza son de acuerdo al API 650. Las boquillas de tubería se diseñan para la presión estática más las cargas impuestas por las tuberías.

El tanque es inspeccionado radiográficamente en las uniones del cilindro de acuerdo al API 650. El tanque será probado hidrostáticamente con agua. Si se usa agua salada para la prueba y ésta permanece 30 días o más, debe usarse aditivos secuestrantes de oxígenos e inhibidores de corrosión. Después de la prueba, el tanque se drena y se limpia cuidadosamente con agua dulce. El llenado de agua es por etapas y se controla cuidadosamente los asentamientos totales y diferenciales. En caso de, no disponer agua para las pruebas hidrostáticas, se utiliza petróleo diesel calentado en el lado interior de las costuras del cilindro. Aplicando presión en el lado interior o vacío en el exterior, e inspeccionando cuidadosamente el otro lado de la junta, se podrán observar manchas si existen fallas en la soldadura.

Se debe prever de acuerdo al NFPA-11, las conexiones para la instalación de cámaras de espuma en el número y diámetro requeridos por el tamaño del tanque y las características del líquido. En caso de futura instalación se tapará con bridas ciegas.

Se instala no menos de un medidor de nivel de líquido por cada tanque, su lectura es accesible o visible desde el nivel del suelo. Para las conexiones de 25 mm DN (1 pulgada) son previstas para la instalación de termopozos y termómetro.

Los tanques requieren de inspección, medición o muestreo desde el techo, disponen de una escalera en espiral, así como plataforma para dichas operaciones. La pendiente de la escalera no excederá los 45° y su ancho mínimo es de 750 mm. Los tanques de poca capacidad que no dispongan de escalera en espiral, deberá tener

una escalera externa vertical con caja o jaula de seguridad. Las plataformas en el techo de los tanques podrán estar interconectadas con pasarelas a fin de que el personal no tenga que transitar por el techo de los tanques. En cuya periferia se construirán barandas para seguridad.

C.- Tanques a Presión

Este tipo de tanques a presión se utilizan para líquidos con presión de vapor superior o igual a $0.914 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs. (13 psia)}$ a nivel del mar, los principales tipos de tanques a presión son recipientes cilíndricos y esferas.

Los recipientes cilíndricos son de acero, se usan para almacenar cualquier gas licuado a su temperatura crítica y presión requerida. En cuanto a su montaje en posición horizontal se hace sobre dos o más apoyos, y si es en posición vertical se hace sobre un fuste. Estos son económicos, en lo que respecta a sus dimensiones de hasta 4.5 metros de diámetro y capacidades de agua de hasta 800 metros cúbicos.

En las esferas su almacenamiento es de forma similar. Consiste en un recipiente esférico formado por gruesas paredes de acero, con seis o más columnas. Asimismo, son consideradas económicas y su capacidad de agua es a partir de 800 metros cúbicos.

Como se sabe, muchos de los productos requeridos o producidos en la industria requieren para su almacenaje y utilización de presiones superiores a la atmosférica, dando lugar así a los llamados recipientes a presión. Estos equipos deben ser capaces de contener productos de diferente naturaleza química bajo las condiciones de operación requeridas (presiones, temperaturas, concentraciones, etc.).

Dependiendo de los volúmenes manejados y de condiciones de operación, estos recipientes son construidos de las siguientes formas e ilustrados en la figura N° III-5:

- Recipientes cilíndricos horizontales con fondos abovedados
- Recipientes verticales con fondos abovedados
- Recipientes verticales encamisados (jacketed vessels, cryogenic gases)
- Recipientes esféricos o esféricos modificados

Figura N° III-5: recipientes esféricos y cilíndricos abovedados



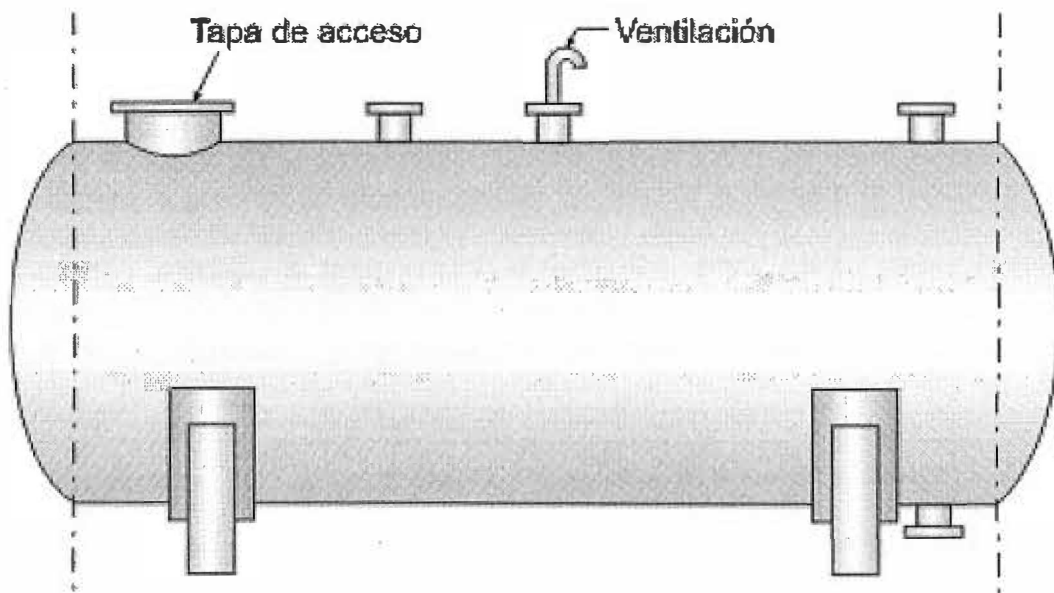
D.- Tanque de Superficie Protegido

Es un tipo de tanque donde su almacenaje es sobre el suelo, a su vez está provisto de una protección contra daño físico y resistente al fuego por exposición a un incendio de alta intensidad.

E.- Tanques cilíndricos horizontales

Se emplean para almacenar productos de diferente naturaleza química (ácidos, álcalis, combustibles, lubricantes, etc.). Son de mediana capacidad de almacenaje ($V < 150 \text{ m}^3$). Estos tanques a su vez pueden ser: aéreos (aboveground storage) o subterráneos (underground storage) y pueden tener sus extremos planos o abovedados (Fig. N° III-6).

Figura N° III- 6: Partes de un cilindro horizontal



En este capítulo se tiene en cuenta el almacenaje de líquidos inflamables de Clase I y combustibles en, tanques portátiles y contenedores a granel cuya capacidad sea mayor de 3000L según NFPA 30, los tanques fijos de superficie y bajo el suelo. Asimismo, se analiza el tipo de diseño, instalación, prueba, operación y mantenimiento de tales tanques mencionados anteriormente.

4.1 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TANQUES

A.- Ventilación

Los tipos de tanques de almacenaje atmosféricos, ventilaciones libre o válvulas de presión y vacío con suficiente capacidad de venteo deben ser instaladas a fin de prever cualquier incremento de presión de diseño de tanque; evitando el desarrollo de vacíos de presión que puedan distorsionar el techo de un tanque cónico o del cilindro, y éste supere la presión de diseño cuando es llenado o vaciado el tanque o en todo caso cuando cambie la temperatura atmosférica, para esto debe poseer una adecuada ventilación.

Para el sistema de venteo se calculará y diseñara de acuerdo a la norma API 2000, venting atmospheric and low-pressure storage tanks, u otra norma reconocida de ingeniería. Alternativamente podrá utilizarse un venteo de diámetro igual o superior que la mayor conexión de llenado o vaciado del tanque, pero en ningún caso su diámetro puede ser menor que el de una tubería de será 40 mm (1 1/2 pulgadas).

Se debe proveer medios para evitar sobrepresión desde cualquier bomba que descarga dentro del tanque de baja presión o recipiente, cuando la presión de descarga de la bomba es mayor que la presión de diseño del tanque o recipiente.

En caso de, que un tanque tenga más de una conexión de llenado o vaciado y simultáneamente pueden hacerse ambas operaciones, entonces la ventilación se basa en el máximo flujo simultáneo.

Los tanques y recipientes a presión que almacenan líquidos Clase IA deben ser equipados con válvulas de venteo que permanezcan cerradas excepto cuando están descargando bajo condiciones de presión o condiciones de vacío. Por otro lado, los tanques que almacenen Clase IB y Clase IC deberán tener matachispas.

Cuando se está en campos de producción de petróleo, los tanques atmosféricos que almacenen petróleo crudo con una capacidad igual o menor de 475 metros cúbicos, o tanques con capacidad hasta 3.5 metros cúbicos conteniendo líquidos que no son clase IA, pueden tener ventilación libre o abierta.

La descarga de los venteos deberá ubicarse en la parte alta del tanque y en posición tal que la eventual ignición de los vapores que escapen no incida sobre el tanque, estructuras o edificaciones.

B.- Sistema de Escape o alivio a Presión

En cada tanque de almacenaje de superficie debe tener ventilación de alivio de emergencia en lo que respecta a la configuración de su construcción o un dispositivo que alivie la excesiva presión interna causada por una exposición al fuego.

Esta consideración también se aplica a cada compartimiento de un tanque, donde el espacio intersticial (anillo) de un tanque de tipo contenedor secundario y al espacio que se encuentra encerrado de tanques de construcción tipo pretil comparte superior cerrada con dique. Este requerimiento también aplica a espacios o volúmenes encerrados, tales aquellos propuestos para aislamiento, membranas, o pantallas a la intemperie, que puedan contener líquidos desde una fuga del recipiente primario e inhibir la ventilación durante la exposición al fuego, y a la vez estas no interfieran en la ventilación de emergencia.

En caso de tanques verticales, la construcción de ventilación de alivio de emergencia podría ser un techo o sábana flotante o una unión débil entre el techo y el cuerpo del tanque u otro alivio de presión de construcción aprobada.

Si el alivio de emergencia dependiera de dispositivos aliviadores de presión, la capacidad de ventilación total normal y de emergencia debe ser suficiente para evitar la ruptura del cuerpo o del fondo de un tanque vertical o del cuerpo o los cabezales de un tanque horizontal.

En caso que se almacenase *líquidos inestables*, los efectos del calor o gas resultante de la polimerización, descomposición, condensación o auto-reactividad deben ser tomadas en consideración.

El área mojada se calculará en base al 55 por ciento de las áreas expuestas de esferas, al 75 por ciento, de las áreas expuestas de tanques horizontales y a los primeros 9 metros sobre superficie del área expuesta del cilindro en tanques verticales.

Los dispositivos de ventilación de alivio de emergencias tienen son a prueba de vapor y puede ser como cualquiera que se nombrará a continuación:

- a. La tapa puede ser de acceso auto-cerrante.
- b. La tapa puede estar provista de pernos largos que permitan que la tapa se levante bajo la presión.

c. Puede ser válvula o válvulas de alivio adicionales o las más grandes.

La descarga de las ventilaciones de emergencia de tanques, debe ser dispuesta de tal manera que la posible ignición de los vapores venteados no incida sobre parte alguna del tanque, estructuras o edificaciones.

Todo accesorio de ventilación que se instale en un tanque debe disponer de una placa donde se indique la presión en el cual alcance su máxima apertura y la capacidad de venteo a esa presión.

La capacidad de venteo se expresa en metros cúbicos de aire por hora, a una temperatura de 15.6 °C y 1.033 Kg /cm² (14.7psia). La capacidad de venteo de accesorios con diámetro inferior a 200 mm DN (8 pulgadas) debe ser determinada por pruebas realizadas por el fabricante o por una agencia calificada, incluyendo las tapas de bocas de acceso con pernos largos, debe hallarse por pruebas o cálculos. En caso, de hallarse por cálculos la presión de apertura debe medirse por pruebas, el cálculo se basa en un coeficiente de flujo de 0.5 aplicado a la tasa de flujo, la tasa de presión y área de orificio libre.

La ventilación de cada dispositivo de un tanque comercial, debe tener la presión de inicio de apertura, la presión en el cual la válvula alcanza la posición de apertura total y la capacidad de flujo a ésta última presión. Si la presión de inicio de apertura es menor de 17 kPa y la presión en posición de apertura total es mayor que 17 kPa, la capacidad de flujo a una presión manométrica de 17 kPa también tendría que estamparse en el dispositivo de ventilación. La capacidad de flujo debe expresarse en pies cúbicos por hora de aire a 15.6 ° C y 1 bar (14.7 psia). Los sistemas de ventilación de tanques proveen de una capacidad suficiente, para evitar el golpe trasero del vapor o líquido a la abertura de llenado durante el llenado de tanque. Las dimensiones de las tuberías de ventilación están en concordancia con la tabla IV- 1.

Tabla N °IV - 1. Diámetros de Tubería de Ventilación en Pulgadas

Flujo Máximo (gpm)	Longitud de Tubería*		
	15 metros	31 metros	61 metros
100	1 1/4	1 1/4	1 1/4
200	1 1/4	1 1/4	1 1/4
300	1 1/4	1 1/4	1 1/4
400	1 1/4	1 1/4	2 1/4
500	1 1/2	1 1/2	2 1/2
600	1 1/2	2	2
700	2	2	2
800	2	2	3
900	2	2	3
1000	2	2	3

Nota: S.I, 1 pulg. 25 mm; 1 pie= 0.3 m

* Longitud de tubería establecida para líneas de ventilación más 7 codos

Fuente: NFPA 30, edición 2003 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

4.2 Precauciones ante derrames accidentales

En las instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos se toman medidas especiales para evitar posibles derrames de líquidos Clase I, II o IIIA, y éstos pongan en peligro edificaciones, servicios, propiedades vecinas o cursos de agua.

Las medidas especiales de precaución ante derrames accidentales son:

- a. Los tanques debe prever un sistema de protección de derrames, donde pueda constar de diques estancos o muros de retención alrededor de los tanques o sistemas de encauzamiento en lugares alejados.
- b. Se recalca que las áreas estancas de seguridad tienen que estar formadas por diques sobre el suelo, impermeables a los combustibles que puedan encerrar, donde la capacidad volumétrica no sea menor del 110% del tanque mayor.
- c. Estas áreas estancas de seguridad y sus diques deben tener las siguientes características:

El terreno circundante al tanque se tendrá que impermeabilizar, y su pendiente hacia fuera no menor de 1%.

El pie exterior de los diques no estarán a menos de 5m. de los linderos.

El tipo de material de los muros del área del dique pueden ser de acero, tierra, concreto diseñados para ser herméticos y también soporten la cabeza hidrostática total. Las alturas interiores de los diques no debe ser menores de 0.60 m. ni mayores a 1.80 m, en caso que la altura interior promedio no deben ser mayor, tendrá que prever facilidades especiales para el acceso normal y de emergencia a los tanques, válvulas y otros equipos. Además, la pendiente de ese muro debe ser consistente con el ángulo de reposo del material donde será construido el muro.

Cuando dos o mas tanques que almacenan clase I están en un dique común, y uno de ellos tenga más de 45 m. de diámetro, se debe prever de diques intermedios entre tanques de tal manera que contenga por lo menos el 10% de su capacidad individual.

- d. La distancia entre la pared del tanque y el borde interno del muro será como mínimo la altura del tanque.
- e. Las áreas estancas tienen que estar provistas de cunetas y sumideros interiores que permitan el fácil drenaje del agua de lluvia o contra incendio, cuyo flujo se controla con válvulas ubicadas al exterior de ellas, de tal forma permita una evacuación del agua de lluvia o el bloqueo del combustible que se derrame en una emergencia, de esta manera se evite el ingreso al sistema de drenaje o cursos de agua.
- f. Cuando se utilicen sistemas de encauzamiento de los derrames a lugares alejados, deberán prever de las siguientes facilidades:

El terreno alrededor del tanque debe tener una pendiente hacia fuera del 1% por lo menos en los circundantes 15 m. del tanque.

El área estanca, debe tener una capacidad no menor a la del tanque mayor que puede drenar en ella.

La ruta de drenaje es de tal forma que, en caso de incendiarse el líquido que pasa por ella, no ponga en peligro a otros tanques, edificios o instalaciones.

El área estanca y la ruta de drenaje deben estar alejados no menos de 20 m. de los linderos, cursos de agua o de otro tanque.

4.3 INSTALACIÓN DE TANQUES Y ACCESORIOS DE TANQUES

Cimentaciones para Tanques y Anclaje de los mismos

Los tanques descansan sobre sus cimentaciones hechas de concreto, acero protegido o mampostería. Estas cimentaciones deben diseñarse para disminuir la posibilidad de asentamientos diferenciales de los tanques, y la vez mitigar la corrosión en cualquier parte de tanque que descansa sobre la cimentación. Los soportes deben ser instalados sobre bases firmes y para los tanques de Clase I deben ser de concreto, mampostería o acero protegido.

En caso que, el tanque de superficie tenga una altura no más de 0.3 m desde su punto más bajo entonces debe permitirse el uso de soportes entibados de madera (no encofrados), y éstos se coloquen horizontalmente. Además, las estructuras de soporte de acero o pilotaje expuesto para tanques de almacenaje de líquidos de Clase I, deben protegerse con materiales que tengan una tasa resistencia al fuego de al menos dos horas. No necesitan protegerse los soportes de acero si tienen al menos 0.3 m. de alto en su punto más bajo; pero puede permitirse el uso de protección de agua pulverizada.

Instalación de Tanques de Superficie - Localización de Líneas de Propiedad, Vías Públicas y Edificios importantes en la misma Propiedad.

En los tanques de almacenaje de líquidos Clase I que operan a presiones no mayores de 0.175 kg/cm^2 (2.5 psig) de acuerdo a la tabla N° IV- 2 y la tabla N° IV-3. Donde el espaciamiento entre tanques se basa en un diseño de suelda débil techo -a-casco. Esta tabla no se aplica si los tanques de líquidos de Clase III están dentro de la misma área de dique como, o dentro de la vía de drenaje de, un tanque de almacenaje de líquido Clase I o Clase II.

Tabla N° IV- 2. Líquidos Estables (Presión de Operación: no menor de 2.5 psig.)

Tipo de Tanque	Protección	Distancia mínima (metros)	
		De la línea propiedad que está o puede construirse, incluyendo el lado opuesto de una Vía Pública ¹	Del Costado más Cercano de Cualquier Vía Pública o Desde el Edificio Importante mas Cercano sobre la misma Propiedad ¹
Techo Flotante	Protección para exposiciones	1/2 x diámetro de tanque	1/6 x diámetro del tanque
	Ninguna	Diámetro del tanque pero no necesita exceder 54 metros.	1/6 x diámetro del tanque
Vertical con suelda Débil Techo-a-casco	Espuma aprobada o sistema de inertización en tanques que no exceden 47.72 metros diámetro	1/2 x diámetro de tanque	1/6 x diámetro del tanque
	Protección para exposiciones	diámetro de tanque	1/3 x diámetro del tanque
	Ninguna	2 x diámetro de tanque pero no necesita exceder 110 metros	1/3 x diámetro del tanque
Tanques Horizontales y verticales con ventilación. De Alivio emergente para limitar presiones a 2.5 psig (presión manométrica a 17 kPa)	Sistema de inertización aprobado en el tanque o sistema de espuma aprobado en tanques verticales	1/2 x Valor de la tabla 3	1/2 x Valor de la tabla 3
Protección de Tanque	Protección para exposiciones ²	Valor de la Tabla 3	Valor de la Tabla 3
	Ninguna	2 x Valor de la Tabla 3	Valor de la Tabla 3
	Ninguna	1/2 x Valor de la tabla 3	1/2 x Valor de la tabla 3

Fuente: NFPA 30, edición 2003- Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

Tabla N° IV -3. Tabla de Referencia par Uso de tabla N° IV - 1, Tabla N° IV- 4

Capacidad del Tanque (gal)	Distancia mínimas (metros)	
	De la línea propiedad que está o pueda construirse, incluyendo el lado opuesto de una Vía Pública ¹	Del Costado más Cercano de Cualquier Vía Pública o Desde el Edificio Importante mas Cercano sobre la misma Propiedad ¹
275 o menos	1.52	1.52
276 a 750	3.05	1.52
751 a 12000	4.57	1.52
2 001 a 30 000	6.10	1.52
30 001 a 50 000	9.14	3.05
50 001 a 100 000	15.24	4.57
100 001 a 500 000	24.38	7.62
500 001 a 1 000 000	30.48	10.67
1 000 001 a 2 000 000	41.15	13.72
2 000 001 a 3 000 000	50.29	16.76
3 000 001 o más	53.34	18.29

Nota: en S.I: 1 pie=0.3m; 1gal=3.8 L

Fuente: NFPA 30, edición 2003- Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

Los tanques de almacenaje de líquidos de Clase I que operan a presiones que excedan a 0.175 kg/cm² (2.5 psig), o en todo caso posean una ventilación de emergencia que permitan las presiones superiores a 0.175 kg/cm² puedan localizarse en concordancia a la tabla N ° IV -3.

Los tanques que almacenas líquidos inestables deben ubicarse en concordancia con la tabla N° IV -3 y la tabla N° IV- 4.

Tabla N° IV – 4. Líquidos Inestables

Tipo de Tanque	Protección	Distancia mínima (metros = m)	
		De la línea propiedad que esté o pueda construirse, incluyendo el lado opuesto de una Vía Pública	Del Costado más Cercano de Cualquier Vía Pública o Desde el Edificio Importante mas Cercano sobre la misma Propiedad
Tanques horizontales y verticales con ventilación de alivio emergente para limitar presiones a 2.5 psig	Tanque protegido con cualquiera de lo siguiente; agua pulverizada aprobada, inertización aprobada, aislamiento/refrigeración aprobados, barricadas aprobados	Valor de Tabla 3 pero no menor de 7.9 m	No menor de 7.9 m.
	Protección para exposiciones	2 1/2 x Valor de Tabla 3 pero no menor 15.2 m	No menor de 15.2 m.
	Ninguna	5 x Valor de la Tabla 3 pero no menor a 30.5 m.	No menor de 30.5 m.

Tanques horizontales y verticales con ventilación de alivio emergente para limitar presiones a 2.5 psig	Tanque protegido con cualquiera de lo siguiente; agua pulverizada aprobada, inertización aprobada, aislamiento/refrigeración aprobados, barricadas aprobados	2 x Valor de Tabla 3 pero no menor a 15.2 m.	No menor de 15.2 m.
	Protección para exposiciones	4 x Valor de Tabla 3 pero no menor a 30.5 m.	No menor de 30.5 m.
	Ninguna	8 x Valor de la Tabla 3 pero no menor de 45.7 m	no menor de 45.7 m

Fuente: NFPA 30, edición 2003- Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

Espaciamiento casco a casco entre cualquiera de Dos Tanques de *Superficies Adyacente*

Las distancias que deben estar separadas los tanques que almacenan líquidos de Clase I se encuentran en la tabla N° IV – 3. Tener en cuenta que, un tanque de almacenaje de líquido inestable debe estar separado de cualquier otro tanque que contenga un líquido inestable o un líquido Clase I, y éste tenga una distancia no menor de la mitad de la suma de sus diámetros. Además, los tanques que están en un área de diques que contengan líquidos de Clase I y estén compactados en tres o más hileras o de otra manera en un patrón irregular, puedan ser requeridos por la autoridad competente grandes espacios u otros medios para los tanques interiores sean accesibles para luchar contra los incendios.

La distancia mínima entre un contenedor de gas GLP y un tanque de almacenaje de líquido Clase I, Clase II o Clase IIIA debe ser de 6m. Se debe tomar medidas apropiadas para evitar la acumulación de líquidos de Clase I, Clase II o Clase IIIA bajo contenedores adyacentes de gas-GLP tales como diques o pendientes. Donde los tanques de almacenaje de líquidos inflamables estén dentro del área del dique los contenedores de gas-GLP se encuentren fuera del área del dique y alejados al menos 3m de la línea central del muro del área del dique.

Distancias mínimas de Escapes

Las distancias mínimas se definen como las emisiones o vapores que escapan de los tanques, y estos se disipen y no puedan alcanzar las áreas seguras en concentraciones superiores a los límites de inflamabilidad. Estas distancias mínimas

deben contar con la posibilidad de fuego y los efectos de la radiación del calor sobre las estructuras o tanques adyacentes.

Distancias mínimas de tanques a vías públicas - Las distancias mínimas de tanques linderos, a vías públicas y a edificaciones dentro de la propiedad, se tomará ciertas medidas.

Para efectos de las distancias mínimas, se definen como tanques de techo flotante a aquellos con techo de cubierta simple o doble, con pontones; también se incluye a los tanques de techo fijo con ventilaciones que tengan techo flotante de cubierta simple o doble, con pontones o que tengan sábanas flotantes. Los tanques con techos o sábanas flotantes que no cumplen con el API 650, o que en su sistema de flotación se utilicen espumas plásticas aunque éstas se encuentren encapsuladas en metal, se consideran como tanques de techo fijo.

Condiciones de Edificaciones dentro de Instalaciones

Dentro de las instalaciones para el almacenamiento de hidrocarburos, la construcción de cualquier edificación deberá tener las siguientes condiciones:

Los edificios se construyen con materiales incombustibles. Se exceptúan de esta disposición las puertas y ventanas de los edificios no incluidos en disposiciones especiales.

Los almacenes, oficinas y otros locales de trabajo deben obedecer al reglamento nacional de construcciones (RNC) en lo que se refiere a la obra o construcción.

En las edificaciones cerradas donde se producen derrames, deben ser construidos 20 centímetros más bajo que el nivel del pavimento o terreno circundante, de tal forma que impida que los líquidos derramados drenen hacia el exterior, donde los pavimentos deben ser construidos con materiales impermeables.

Cada edificio, excepto aquellos destinados a oficinas, tendrá por lo menos dos puertas con un mínimo de 2.1 metros de altura y 1.5 de ancho. En adición a ello, el ancho de los vanos es igual a 1.0 metro por cada 100 metros cuadrados de superficie techada de la edificación.

Los edificios de operación tales como estaciones de bombeo, edificios de envasado donde se manejen líquidos de Clase I deben estar situados a más de 15 metros de los linderos, eso es en caso de ser malla de alambre. Por otro lado, si el cerco fuese sólido, la distancia podría reducirse a 6.0 metros.

Embalse por Diques alrededor de los Tanques

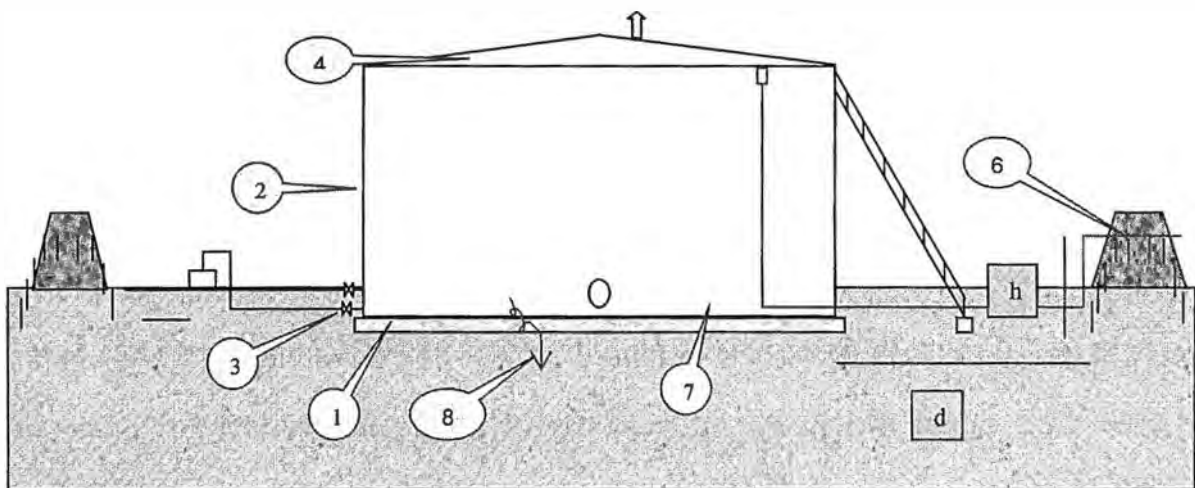
La protección de la propiedad adyacente o de los cursos de agua se logra mediante embalse por diques alrededor de los tanques, para esto se tiene que cumplir con los siguientes pasos:

- En caso de asumirse que el tanque esté lleno, entonces la capacidad volumétrica del área con dique no debe ser menor al volumen de líquido que se libera del tanque ni mayor al área interior del dique.
- En cualquier propiedad que ésta pueda o no ser construida, la base externa del dique a nivel del terreno no debe ser menor a 3m.
- Se toma provisiones para el acceso normal cuando se excede esa altura en los diques, el acceso de emergencias para tanques, válvulas, salidas de seguridad desde

el encerramiento del dique y se tiene que cumplir con ciertos requerimientos y se puede visualizar en la figura N° IV-1:

- Los tanque de Clase I tienen una altura promedio del dique que no sea mayor de 1.8 m, medidos desde el nivel interior, o cuando la distancia entre cualquier tanque y el borde superior interno del dique sea menor que la altura del dique.
- Debe diseñarse la tubería que pasa a través de los muros del dique para evitar tensiones excesivas de asentamientos o exposiciones al fuego.
- La distancia mínima entre el pie de los muros interiores del dique y los tanques debe ser 1.5 m.

Figura N° IV-1. Descripción de partes de un tanque



- | | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 1 Cimiento | 5 Accesorios del techo |
| 2 Cilindro | 6 Muro o Dique |
| 3 Accesorios del cilindro | 7 Fondo |
| 4 Techo | 8. Otros |
| h = altura (< 1.8m) | d = distancia tanque a dique (1.5m) |

- Cada área con dique que tenga 2 o más tanques debe ser subdividida, por canales de drenaje o al menos por diques intermedios, para evitar vertimientos peligrosos para los tanques adyacentes dentro del área de dique. Cuando se almacene líquidos

inestables en cualquier tipo de tanque, debe ser provista por una subdivisión para cada tanque.

- Si dos o mas tanques de almacenaje de líquidos Clase I posee un diámetro superior a 45 m, siendo ubicados en un área de dique común, entonces se tendrá que proveer de diques intermedios entre tanques adyacentes para contener al menos el 10% de la capacidad del tanque así encerrado, sin incluir el volumen desplazado por el tanque. El control del drenaje debe ser accesible desde el exterior del dique en condiciones de incendio.

Aberturas para Tanques de Superficies

- La conexión para cada tanque de superficie es con una válvula interna o externa localizada tan cerca al casco del tanque. Se debe proveer una tapa o cubierta a prueba de vapor donde se pueda realizar mediciones en las aberturas de tanques de almacenaje para líquidos de Clase I.

- Para cada conexión que se encuentre por debajo del nivel de líquido a través del cual el líquido no fluye normalmente se debe proveer de una válvula, tapón, brida ciega o una combinación de éstos.

- Para las tuberías de llenado que entran por la cima del tanque deben estar dentro de 150 mm desde el fondo del tanque. Asimismo, debe instalarse o disponerse de tuberías de llenado para disminuir la vibración, pero si estuviera operando a condiciones de operación normal y no se encuentren en el rango de inflamabilidad entonces no necesitará cumplir con el requerimiento anterior.

- Las conexiones para vaciado y llenado para líquidos de Clase I, clase II y Clase IIIA son conectadas y desconectadas, deben localizarse en las afueras de los edificios en una ubicación que no tenga contacto con ninguna fuente de ignición. Su localización tiene que ser a una distancia no menos de 1.5 m. lejos de cualquier abertura del edificio. Además, las conexiones de cualquier líquido deben estar cerradas y a prueba de líquidos cuando no están en uso y tienen que estar identificadas apropiadamente.

4.4 Proyecciones de Drenaje de Agua

El drenaje del agua superficial o de lluvia tiene que proyectar ciertas condiciones locales como:

El sistema de drenaje de emergencia debe canalizar las fugas de los líquidos combustibles o inflamables o del agua contraincendio hacia una ubicación segura. El sistema de drenaje contará con canaletas, imbornales, o cualquier sistema especial que sea capaz de retener la expansión de posibles fuegos.

Estas facilidades deben ser proyectadas y operadas para prevenir la descarga de líquidos inflamables y combustibles a cursos de agua, redes públicas de drenaje o propiedades adyacentes.

Los sistemas de drenaje en caso que estuviesen conectadas a las redes públicas o cursos de agua deberán estar equipados con sistemas de recuperación de petróleos.

Toda el agua que se drena de las instalaciones para el almacenamiento de hidrocarburos, y que de alguna manera arrastra hidrocarburos tendría que ser procesada mediante sistemas de tratamiento primario como mínimo. En caso que, en estos sistemas no se alcancen los requisitos impuestos por el

Reglamento de las Actividades de hidrocarburos en Material Ambiental, entonces se debe optar por otros sistemas de tratamiento tipo intermedio o avanzado.

- El drenaje del agua superficial tiene que proyectarse utilizando en la manera posible la pendiente natural de terreno, la existencia de canales o cursos de agua. Por otro lado, si hubiesen fuertes precipitaciones temporales, podrían exceder la capacidad del drenaje del sistema, entonces es necesario prever áreas de escorrentía o de almacenamiento temporal del agua de lluvia.
- Para la eliminación de agua contraincendio se prever de adecuadas facilidades de drenaje, como las salidas de las áreas estancas siendo controladas por válvulas operadas desde el exterior de los diques.

4.5 Tanques de almacenaje en edificios

Ya sea en tanques como para cualquier equipo asociado de un tanque de almacenaje dentro del edificio, deben ubicarse de modo que un incendio en el área no constituya un peligro de exposición para los edificios adyacentes

La distancia mínima desde las líneas de de propiedad expuestas y edificios para instalaciones de tanques dentro de estructuras que posean muros con una tasa de resistencia al fuego menor a 2 horas deben estar en relación a la tabla N° IV – 5. Además, la capacidad de cualquier tanque individual no puede ser mayor a 380 m³. Donde un edificio para tanques de almacenaje tiene un muro exterior que enfrenta una exposición, las distancias de la tabla N° IV – 5 se modificaran de la siguiente manera:

- Si el muro fuese liso y con una tasa de resistencia al fuego no menor de 2 horas, donde la distancia de separación entre le edificio para tanques de almacenaje y su exposición no necesite ser mayor de 7.6 m.

- En todo caso si la tasa de resistencia fuese no menor de 4 horas, entonces los requerimientos de distancias de la tabla N° IV - 5 no aplican. Además, se tendrá en cuenta los líquidos inestables de Clase I almacenados deben tener

una resistencia a la explosión, y tener una adecuada ventilación de deflagración en los muros y el techo no expuestos.

Tabla N° IV – 5. Localización de Edificios para Tanques de Almacenaje Respecto a línea de Propiedad, Vías Públicas y el Edificio Importante más cercano en la Misma Propiedad*

Tanque Mayor Capacidad de Operación líquidos (gal)	Distancia Mínima desde la línea propiedad que esté o pueda construirse, incluyendo el lado opuesto de una Vía Pública ¹		Distancia Mínima del Costado más Cercano de Cualquier Vía Pública o Desde el Edificio Importante mas Cercano sobre la misma Propiedad ¹	
	líquido Inestable Alivio de Emergencia		líquido Inestable Alivio de Emergencia	
	no sobre 2.5 psig	Sobre 2.5 psig	No Sobre 2.5 psig	Sobre 2.5 psig
Hasta 12000	40	60	15	20
12 001 a 30 000	50	80	15	20
30 001 a 50 000	75	120	25	40
50 001 a 100 000	125	200	40	60

Fuente: NFPA 30, edición 2003- Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

Nota: SI, 1 pie= 0.3m; 1 psig= 6.9 kPa.

* Duplicar todas las distancias indicadas si no se ha previsto protección de exposiciones. Las distancias no necesitan exceder 90m (300 pies)

Hay un punto importante que es la localización de los otros equipos que están asociados con los tanques, tales como bombas, filtros, intercambiadores, calentadores, no deben localizarse a una distancia menor de 7.6m (25 pies) de linderos cuando sobre estos exista o pueda llegar a existir propiedad adyacente o del edificio importante más cercano sobre la misma propiedad y éste no forme parte integral del edificio para tanques de almacenaje, pero si tuviese un muro exterior no debe aplicarse este espaciamiento.

El almacenamiento de líquidos inestables debe estar separado lo mayor posible de las exposiciones potenciales e incendios por un espacio libre de al menos 7.6 m, o por un muro que pueda tener una tasa de resistencia al fuego no menor de 2 horas.

Para cada edificio de tanques de almacenaje y cada tanque dentro del edificio debe ser accesible desde al menos dos costados para poder controlar el fuego y los incendios.

Construcciones de Edificios para Tanques

El calentamiento de líquidos de Clase I por encima de su punto de inflamación no debe ser almacenado en sótanos. En adición, deben proveerse medios para evitar que los líquidos vertidos entren a los sótanos. Cuando se almacenen los líquidos de Clase I por encima del nivel del suelo dentro de los edificios con sótanos u otro tipo de áreas bajo el nivel del piso a las que pudiesen penetrar vapores inflamables. No se considera como sótano a los fosos. La tasa como resistencia al fuego es no menor de 2 horas para los edificios debe permitirse de una construcción combustible o no combustibles, cuando exista protección automática de rociadores.

Cada abertura debe protegerse como mínimo por una puerta auto-cerrante listada o una compuerta contra fuego y que tenga al menos una tasa de resistencia al fuego de una hora. En el almacenamiento de los líquidos de Clase I o inestables debe de proveerse de una ventilación de deflagración hacia el exterior de los edificios y cualquier muro de separación de este almacenaje con otros tipos de ocupación debe ser resistente a explosiones.

Deben mantenerse pasillos de acceso de al menos 0.9m para que el movimiento del personal pueda luchar contra el fuego y el equipo de protección contra incendios. Además, el espacio libre entre la parte superior del tanque y la estructura del edificio debe ser como mínimo 0.9m para protección del edificio. Éste espacio va a permitir

una aplicación de chorros de manguera hacia la cima del tanque en caso de enfriamiento.

Ventilación de Edificios de Tanques

El almacenaje de líquidos de Clase I en los edificios para tanques a temperaturas mayores a sus puntos de inflamación debe ser ventilado a una tasa suficiente para mantener la concentración de vapores dentro del edificio en un valor igual o inferior al 25 % de su límite inferior de inflamabilidad.

El venteo está acompañado por una ventilación natural ó mecánica, con descarga o escape hasta una localización segura fuera del edificio, sin tener una recirculación del aire extraído.

Puede introducir aire de reposición de manera que sean evitados corto-circuitos en la ventilación haciendo esto en todas las áreas o fosos para coleccionar vapores inflamables, y si no es la adecuada, entonces proveer una ventilación mecánica manteniéndola en operación cuando se manejen líquidos inflamables. Con el fin que la ventilación local o puntual sea usada para satisfacer hasta el 75 % de la ventilación requerida.

Para edificios de tanques de almacenajes con un nivel interior con más de 300 mm por debajo del nivel promedio exterior, debe suministrarse ventilación mecánica continua o proveer con un sistema de detección de vapor calibrado para hacer sonar una alarma de emergencia, y cuando éste alcance el 25 % del límite inferior de inflamabilidad y después arranque el sistema con una ventilación mecánica.

Drenaje de Edificios con Tanques

Debe diseñarse sistemas de drenaje para minimizar la exposición a incendios de otros tanques y propiedades adyacentes o cursos de agua tiene que cumplir con lo siguiente:

Una instalación debe diseñarse y operarse para evitar la descarga normal que puede haber en los líquidos inflamables o combustibles en cursos de agua públicos, alcantarillas públicas o propiedades adyacentes.

Excepto para drenajes, los pisos sólidos deben ser a prueba de líquidos, lo mismo que el salón donde los muros se unen al piso hasta al menos 100 mm sobre nivel del suelo, según NFPA 30.

Tener en cuenta, los muros interiores de los salones o edificios adyacentes deben proveer de umbrales o rampas elevados no combustibles, que se encuentran a prueba de líquidos de al menos 100 mm de altura o, por otro lado, pueden ser diseñados para evitar el flujo de líquidos hacia áreas adyacentes.

4.6 ALMACENAJE EN CILINDROS Y TANQUES PORTÁTILES

Se aplica para contenedores que no excedan de 450 L. de capacidad individual, o en tanques portátiles de 2500L de capacidad individual, en contenedores intermedios a granel que no sean mayores de 3000 L y las transferencias que sean limitadas por los mismos según NFPA 30.

Diseño, construcción y Capacidad de Contenedores

Los contenedores aprobados como los contenedores intermedios a granel y los tanques portátiles son los siguientes:

Los contenedores de metal tomados en consideración son los contenedores intermedios a granel metálicos y los tanques portátiles de metal que tienen las recomendaciones que contienen los productos autorizado por las Regulaciones sobre Materiales Peligrosos del Departamento del Transporte de los EE.UU. 49 CFR.

Pueden aceptarse los contenedores rígidos no metálicos a granel intermedios, cuando su almacenaje debe estar protegido con una norma sobre la prueba de incendios, y

demuestre un desempeño aceptable en almacenaje interior y pueda ser etiquetado y enlistado.

Tiene que equiparse todos los contenedores a granel con uno o más dispositivos instalados en la parte superior, y con una suficiente capacidad de ventilación de emergencia para limitar la presión interna (la que resulte mayor) ya sea a bajo condiciones de exposición a incendios con una presión manométrica de 70 kPa (10 psig) o el 30 % de la presión de rotura del tanque portátil. Al menos debe utilizarse una ventilación que actúe por presión con capacidad mínima de 170 m³ de aire libre por hora a (14.7 psia) y 15.6°C, o en todo caso, debe calibrarse para que abra a un presión manométrica no menor de de 35 kPa (5 psig).

Los líquidos de Clase IA pueden almacenarse en contenedores de vidrio de no más de 5L de capacidad. En caso que la pureza del líquido pueda ser afectada por el almacenaje en contenidos metálicos debido a que el líquido puede ser corrosivo.

Requerimientos de diseño y Construcción

En todas las áreas de Almacenaje deben reunir las especificaciones sobre la tasa de resistencia al fuego en la tabla N ° IV – 6.

Tabla N° IV – 6. Tasas de Resistencias la Fuego para Áreas de Almacenaje Interior de Líquidos

Tipo de área de Almacenaje	Tasa de Resistencia al Fuego (Hr)		
	Muros Interiores ^a , Cielo rasos, Pisos Intermedios	Techos	Muros Exteriores
Salones interiores Área de piso <=14 m ²	1	-	-
Área de piso > 150 pies ² y <= 47 m ²	2	-	-
Cuartos separados y Edificios anexos Área de piso <= 28 m ²	1	1 ^b	-
Área de piso > 28 m ²	2	2 ^b	2 ^c
Bodegas de líquidos ^{d,e}	4 ^f	-	2 ^g o 4 ^h

Fuente: NFPA 30, edición 2003- Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

^a Entre áreas de almacenaje de líquidos y cualquier área adyacente no dedicada al almacenaje de líquidos.

^b Debe permitirse que todos los techos de edificios anexos, de un piso de altura, sean de construcción liviana, no combustible, si los muros de separación tienen parapetos de un mínimo de 0.9m.

^c Donde otras partes de edificios u otras propiedades están expuesta.

^d Debe permitirse la reducción de 2 horas de las tasas de resistencia al fuego para bodegas de almacenaje de líquidos de clase IIIB

^e Debe permitirse la reducción a 2 horas de las tasas de resistencia al fuego para bodegas de líquidos protegidos en concordancia con el sistema de protección contra incendios

^f Este debe ser un muro contra incendios.

^g Para muros expuestos que están localizados más de 3m. o menos de 15m de un edificio importante o línea de propiedad adyacente sobre la que puede construirse.

^h Para muros expuestos que están localizados a 3m o menos de un edificio importante o línea propiedad adyacente sobre la que puede construirse.

- Los muros interiores tienen aberturas con salones adyacentes o edificios, y los muros exteriores con tasas de resistencia al fuego que deben equiparse con puertas contra incendios normalmente cerradas, y tienen una tasa de protección contra incendios en relación a la tasa de resistencia al fuego en los muros que se especifica en la tabla N° IV – 6. Además, se permite que las puertas permanezcan abiertas durante las operaciones, y se manipulen materiales que estén diseñadas para que se cierren automáticamente antes una emergencia por un incendio mediante dispositivos de cierre de lista.

- Se debe construir un acceso fácil a los muros exteriores de manera que se pueda luchar contra incendios mediante aberturas de acceso, ventanas o paneles de muros livianos no combustibles.

- Cuando se despache o se almacene líquidos de Clase IA en contenedores mayores de 1 gal, debe diseñarse salones para llama directa, gases de combustión y presiones resultantes de una deflagración lejos de edificios importantes, o en todo caso en áreas ocupadas a través del uso de construcción limitante de daños. Además, debe proveerse de bordillos (resaltes), imbornales, drenajes especiales que eviten el flujo de líquidos bajo ciertas condiciones de emergencia dentro de áreas adyacentes. En caso de utilizarse un drenaje, debe tenerse la capacidad suficiente para transportar la descarga esperada de agua del sistema de protección contra incendios y chorros de manguera.

- Tener en consideración que, en el interior de salones de depósito para almacenaje de líquidos de Clase I tiene que utilizarse el equipo y cableado eléctrico de Clase I, División 2 (según NFPA 70).

- En áreas de almacenaje de líquidos que puedan efectuarse despachos se tendrán que equipar con un sistema de ventilación, bien por gravedad o por extracción mecánica continua, y si el despacho fuese de un líquido de Clase I tiene que usarse una ventilación mecánica dentro del salón.

- El almacenaje en salones interiores tiene que reunir especificaciones de la tabla N° IV – 7. Asimismo, los contenedores sobre 114 L de capacidad que tienen líquidos de Clase I no deben ser almacenados en salones interiores a más de una fila de altura.

Tabla N° IV – 7. Tasa de protección contra el fuego para puertas contra incendios

Tasa de Resistencia al Fuego del Muro a(Hr)	Tasa de Protección de la Puerta (Hr)
1	3/4
2	1 1/2
4	3 ^b

Fuente: NFPA 30, edición 2003 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

^a Como es requerido por la tabla 6

^b Una puerta contra incendios requerida sobre cada lado de aberturas interiores para bodegas de líquidos anexas.

Hay una excepción a este requerimiento, no se aplica para salones interiores y armarios de almacenaje de materiales peligrosos localizados en una bodega de líquidos que tiene sistema de protección contra incendios.

Requerimientos Generales de Almacenaje

Se permite el uso de madera al menos de 25 mm de grueso nominal para estantes, restantes, repisas, revestimientos para pisos e instalaciones similares. El almacenaje de cualquier líquido no debe obstruir los medios de salida.

En caso que exista almacenaje sobre estantes, debe proveerse de un pasillo con un ancho mínimo de 1.2 m. entre las secciones de estantes adyacentes y de cualquier almacenaje de líquidos contiguo. Los pasillos principales deben tener un ancho mínimo de 2.4m. Además, no está permitido líquidos de Clase I en áreas de sótano.

Operaciones

No se permite el despacho de líquidos de Clase I a temperaturas iguales o superiores a su punto de inflamación, en salones separados o edificios anexos que tengan áreas de piso o en bodegas mayores a 93 m². El almacenaje de líquidos de Clase I, no debe obstruir las salidas de escape en caso de que ocurra un incendio. Además, no están permitidas las bodegas de despacho de líquidos clase I, a menos que el área se encuentre aislada de las otras áreas de almacenaje de combustibles o líquidos. Asimismo, está prohibido el almacenaje mayor de 95 L de líquidos Clase I y Clase II combinados ya sea en viviendas o en edificios residenciales.

Los contenedores de líquidos de Clase I que se encuentren depositados fuera del área interior de almacenaje de líquidos no deben ser mayores que 5 L, pero si fuesen recipientes de seguridad se permite una capacidad hasta de 10L.

En caso que haya una combinación de volúmenes de líquidos Clase I y Clase II depositados en una sola área de incendios en recipientes de seguridad fuera de un área interior (para almacenaje de líquidos no debe ser mayor de 95 L, y si no estuviese depositados en recipientes de seguridad el volumen almacenado de esos tipos de líquidos), no deben exceder de 38L.

De otro lado, para el almacenaje de líquidos Clase I en contenedores con más de 114 L no debe considerarse en apilamientos de más de dos unidades de alto.

Almacenaje Exterior

El Almacenaje exterior de líquidos en contenedores, recipientes a granel intermedios y tanques portátiles debe hacerse de la siguiente manera:

a.- La cantidad máxima en un apilamiento de dos o más clases de materiales debe ser menor a dos o más cantidades de galones separadas.

b.- Ya sea en recipientes a granel, en un apilamiento de contenedores o en tanques portátiles no deben encontrarse a más de 60m de una vía de acceso de 6m para

permitir el acercamientos de los aparatos de control de incendios bajo las condiciones climáticas.

c.- La cantidad máxima permitida para almacenar es 4160 litros de líquidos en contenedores cerrados, recipientes intermedios a granel y tanques portátiles adyacentes a un edificio de acuerdo a ciertas condiciones (ver en NFPA 30).

En caso de que el edificio esté limitado a un piso sea este de construcción y no de combustible o resistente al fuego no va cumplir la primera y la última condición mencionado anteriormente.

En el área de almacenaje debe tener una pendiente, el cual desvíe los posibles vertimientos lejos de los edificios u otras exposiciones o estar rodeada por un bordillo de al menos 150 mm de altura. Cuando se usen bordillos deben tomarse previsiones para el drenaje de acumulaciones de agua subterránea, agua lluvia o vertimientos de líquidos. Los drenajes tienen que terminar en un sitio seguro y ser accesibles a las operaciones bajo condiciones de incendio.

Tabla Nº IV – 8. Almacenaje Exterior de Líquidos en Contenedores y Tanques Portátiles

clase	Capacidad Máxima y altura de Apilamiento				Distancia Mínima de Separación (m)		
	Contenedores		Tanque Portátil y de Metal IBCs		Entre Pilas o Estantes	Al lindero sobre el que existen o pueden existir construcciones	A la Calle, Callejón o Vía Pública
	Capacidad (gal)	Altura (m)	Capacidad (gal)	altura (m)			
IA	1100	3	2200	2.1	1.5	15	3
IB	2200	3.6	4400	4.2	1.5	15	3
IC	4400	3.6	8800	4.2	1.5	15	3

Fuente: NFPA 30, edición 2003 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

En la tabla Nº IV – 8, se ve el almacenaje exterior de líquidos en contenedores y tanques portátiles a diferentes tipos de clases ya sea de tipo Clase IA, IB e IC, mostrando la distancia de separación que debe tener entre cada contenedor o tanque portátil.

En este capítulo se desarrollará el manejo de combustibles como actividad principal, además de controlar los peligros de un incendio. En estas previsiones no prohíben el uso de tanques móviles en el despacho de líquidos inflamables a los tanques de combustible del equipo al aire libre.

5.1 Diseño de instalación

- En el procesamiento los recipientes y los edificios deben ubicarse de modo que los recipientes en el incendio no constituyan un peligro de exposición para otras ocupaciones. En adición, la distancia mínima entre un recipiente de procesamiento a la línea de propiedad que ésta pueda ser construida, incluido el costado opuesto de la vía pública, al costado más cercano de una vía pública, o al edificio importante más cercano sobre la misma propiedad.

- Otro aspecto importante son los equipos de procesamiento de líquidos, como bombas, calentadores, filtros e intercambiadores, no deben ubicarse a menos de 7.6 m (25 pies) respecto de linderos de propiedad adyacente que pueda ser construida o al edificio importante más cercano sobre la misma propiedad y que no sea parte integral del proceso. Se pueden descartar estos requerimientos si las exposiciones están protegidas como se menciona en el punto anterior.

- Si se manejan líquidos inestables en los equipos de procesamiento, deben separarse de las instalaciones de planta no relacionadas que usen o manejen líquidos de la siguiente manera:

1.- El espacio libre es de 7.6m (25pies).

2.- El muro debe tener una resistencia al fuego no menor de 2 horas y resistencia a explosión consistente con el peligro esperado.

Los equipos de procesamiento en cada unidad de proceso o edificio deben tener al menos un costado para combatir incendios y poder controlar el fuego y ser accesibles como se muestra en la tabla N° V- 1.

Tabla N° V – 1. Ubicación de equipos de procesos desde línea de lindero y del edificio más próximo en la Misma propiedad donde se provee protección a exposiciones.

capacidad máxima de depósitos o vasija de líquidos para operación (gal)	Distancia Mínima (metros)			
	Desde la línea de la propiedad que está o pueda ser construida incluyendo el costado opuesto de una vía pública		Desde el Costado más cercano de Cualquier Vía Pública o desde el Edificio Importante más cercano sobre la Misma Propiedad que no es una parte integral del proceso	
	Líquidos Inestables Alivio de Emergencia		Líquidos Inestables Alivio de Emergencia	
	No sobre 2.5 psig	Sobre 2.5 psig	No sobre 2.5 psig	Sobre 2.5 psig
275 o menos	4.6	6.1	4.6	6.1
276 a 750	7.6	12.2	4.6	6.1
751 a 12000	12.2	18.3	4.6	6.1
12001 a 30 000	15.2	24.4	4.6	6.1
30001 a 50 000	22.9	36.6	7.6	12.2
50001 a100 000	38.1	61.0	12.2	18.3
sobre 100 000	61.0	91.4	19.8	30.5

Fuente: NFPA 30, edición 2003 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

Nota: Para unidades SI, 1 psig=6.9 kPa. De Presión Manométrica.

Doblar todas las distancias anteriores cuando no se haya provisto protección de exposiciones.

5.2 Construcción

Tanto en los edificios de proceso como en estructuras usadas para el manejo de líquidos deben construirse con ciertos requerimientos mostrados en la tabla N° V – 2.

Tabla N° V – 2. Construcción de Edificios o Estructuras usadas para Manejo y Operaciones de Líquidos

Clase de Líquido	Distancia Mínima de Separación (metros)		
	A la línea de Propiedad Adyacente que está o pueda ser Construida	A la calle Callejón o Vía Pública	Tipo Mínimo de Construcción*
Líquidos Clase I	15.24	3.05	II(000)
Líquidos Inestables de cualquier Clase	7.62	1.52	II (111)
Líquidos de cualquier clase calentados sobre sus puntos de inflamación	3.05	1.52	II(222)

Fuente: NFPA 30, edición 2003 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

Las distancias aplican a propiedades que tienen protección para exposiciones. Si hubiese exposiciones para los cuales la protección no existe, entonces tendrá que doblarse las distancias.

* Los tipos de Construcción están definidos en NFPA 220. *Standard on Types of building Construction*

Puede mencionarse que los edificios o estructuras usadas para el procesamiento o manejo de líquidos donde estas cantidades no excedan de 1360L de líquidos de clase I. Además, estas estructuras deben estar protegidas por rociadores automáticos o sistemas equivalentes de protección contra incendios, y puedan construirse de materiales combustibles y de manera que puedan tener la aprobación de una autoridad competente.

Cabe destacar que los apoyos portantes, el soporte para los edificios, soporte de los recipientes, y los equipos puedan ser capaces de liberar cantidades apreciables de líquidos, pueden provocar un incendio de suficiente intensidad y duración que puedan causar daños substanciales a la propiedad.

Por ello, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1.- El drenaje en una instalación para poder evitar acumulación de líquidos bajo los recipientes o equipo.
- 2.- La construcción debe ser resistente al fuego.
- 3.- Tanto como los sistemas de protección como los revestimientos deben resistir al fuego.
- 4.- Instalar sistemas de aspersores de agua.

De todas maneras si se quiere luchar contra el fuego tiene que permitirse el uso de ventilación para el humo y el calor.

En las áreas donde son procesados los líquidos de Clase IA o inestables se debe tratar de diseñar el uso de una construcción limitante del daño por llama directa, los gases de combustión y presiones resultantes de una deflagración alejadas de los edificios importantes o áreas ocupadas.

5.3 Ventilación

Las áreas de procesamientos que son cerradas y hacen uso de líquidos de Clase I calentados a temperaturas iguales o superiores a sus puntos de inflamación, tendrá que ventilarse a una tasa suficiente para mantener la concentración de vapores dentro

del área o por debajo del 25% del límite de inferior de inflamabilidad y cumplir con las siguientes condiciones:

- El muestreo con la concentración de vapor bajo condiciones de operación debe ser conducido en un radio de 1.5m de cada fuente potencial de vapor, y que pueda ser extendida hasta el fondo y la cima del área de procesamiento encerrada. Además, esa concentración de vapor usada para determinar la tasa de ventilación requerida, debe ser la más alta concentración medida durante el procedimiento de muestreo.

- Cuando se quiere introducir aire de reposición se debe tomar provisiones para evitar corto-circuito en la ventilación. Además, debe disponerse de una ventilación donde incluya todas las áreas de piso o fosos donde los vapores inflamables puedan colectarse. En caso de tener, una ventilación local o selectiva para controlar incendios especiales o peligros para la salud, debe permitirse que se utilice una cantidad mayor del 75% de la ventilación necesaria.

- Tiene en consideración las estaciones dispensadoras, centrífugas abiertas, filtros de placa y bastidor y filtros abiertos de vacío que son usados en un edificio, el equipo y la ventilación del edificio; deben diseñarse para limitar las mezclas inflamables de aire-vapor bajo ciertas condiciones de operación normal hacia el interior del equipo y a no más de 1.5m del equipo que expone líquidos de Clase I al aire.

5.4 Manejo, transferencia, operaciones incidentales

Los líquidos de Clase I tienen que mantenerse en tanques o contenedores cerrados en caso de estar sin uso, debe usarse solo gas inerte para transferir líquidos Clase I, y en caso de ser calentados los líquidos de Clase I por encima de sus puntos de inflamación deben extraerse o transferirse a recipientes a granel intermedios o tanques portátiles como sigue:

- 1.- Desde contenedores originales de embarque con una capacidad de 20 L o menos.
- 2.- Desde tambores de seguridad.
- 3.- A través de sistemas de tubería cerrados
- 4.- Desde tanques o contenedores portátiles mediante un dispositivo que tiene protección anti- sifonamiento y se extrae a través de una abertura en la cima del tanque o contenedor.
- 5.- Por gravedad a través de una válvula.

Se puede utilizar una manguera en la operación de transferencia, ella debe equiparse con una válvula auto cerrante sin pestillo de sujeción de apertura y de la válvula de salida solo deben utilizarse mangueras aprobadas.

Un punto importante es tratar de minimizar la generación de electricidad estática. Cuando son usadas las bombas para transferencia de líquidos, deben proveerse de medios para desactivar la transferencia de líquidos en el evento de un vertimiento o un incendio.

El agregado de la suma de todas las operaciones incidentales en cada una de las áreas de incendios no debe exceder de la suma de 95 L de líquidos de Clase IA en contenedores.

5.5 Limpieza de Tanques

Al limpiar los tanques para repararlos hay que actuar con mucha cautela, adoptando medidas de precaución necesarias para evitar la inflamación de vapores e impedir que el personal pueda inhalar vapores tóxicos.

Las personas que se encargan de este tipo de trabajo tienen que conocer perfectamente los riesgos de incendio y explosión y los procedimientos necesarios para realizar las operaciones con la debida seguridad. Se tiene que eliminar los vapores con vahos o soluciones químicas, o sustituirlas por agua, aire o un gas inerte.

El método elegido para realizar con seguridad los trabajos en el tanque depende de varios factores:

- las características del líquido
- las dimensiones del tanque
- la inflamabilidad
- reactividad de los residuos
- el tipo de trabajo ejecutado.

Hay varios métodos de limpieza que nombraremos a continuación:

5.5.1. Eliminación de vapores inflamables por desplazamiento o sustitución

En algunas veces se denomina *purgado*, el cual podría realizarse de varias formas:

** Desplazamiento con Agua*

Si se sabe que el líquido inflamable contenido puede desplazarse fácilmente con agua, o cuando sea soluble en ella, es posible eliminarlo por completo llenado y vaciando varias veces el tanque con agua. Hay que repetir la maniobra hasta que las pruebas con un explosímetro indiquen que no hay vapores. Por ejemplo: la acetona y el alcohol etílico siendo estos solubles en agua.

** Desplazamiento con aire*

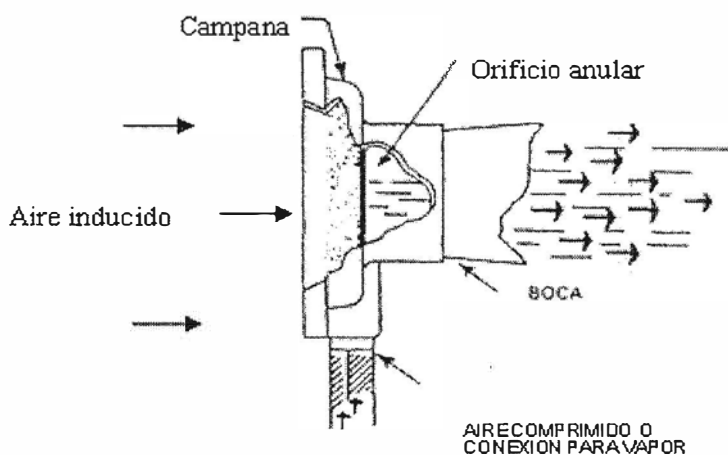
Puede eliminarse los vapores inflamables purgándolos con aire mediante dispositivos de tipo venturi, o con ventiladores de baja presión que puedan mantener una atmósfera segura a través de una ventilación continua.

Los dispositivos para expulsar vapores mediante aire deben limitarse a los accionados por vapor o aire, por motores eléctricos para ser empleados en atmósferas de este tipo. Al usar el vapor para prender el extractor de aire, éste ha de ser enlazado al tanque con una conexión eléctrica. En caso de que las aberturas del tanque sean pequeñas y no permiten el paso del extractor de aire (Fig. 1), se puede entonces purgar el contenido mediante aire comprimido, inyectado por una tubería metálica

unida al tanque. Cuando se maniobre el aire comprimido es preciso tener cuidado para no inyectar una presión excesiva en un tanque pequeño.

Este método puede ser inadecuado en tanques que presenten formas irregulares, cuando la corriente de aire deja “bolsas” de vapor que no pueden ser eliminadas. Al purgar con aire cabe la posibilidad de que la concentración de los vapores inflamables dentro del tanque se encuentre momentáneamente dentro del margen de la inflamabilidad, antes de conseguir una atmósfera segura. En consecuencia, tiene que adoptarse todas las precauciones necesarias para reducir al mínimo los riesgos de ignición por electricidad estática.

Figura1: Extractor de aire



Esquema del funcionamiento del extractor de aire. El aire o vapor comprimido penetra por la campana del extractor de aire o vapor comprimido penetra por la campana de la base. Al penetrar el vapor o aire comprimido por la boca, su expansión induce un chorro rápido de aire que es igual a 10 veces aproximadamente, el volumen del vapor o aire comprimido

* *Desplazamiento con Gas Inerte*

Si se puede disponer de nitrógeno o de dióxido de carbono en bombas de baja presión o en forma sólida (ejemplo: nieve carbónica), en cantidad suficiente, se podría utilizar para purgar los vapores inflamables de los tanques, eliminado así el riesgo de que la mezcla vapores en el interior pueda alcanzar los límites de inflamabilidad. Esta operación ha de acabarse con una ventilación con aire. No debe emplearse el dióxido

de carbono a presión elevada, procedente, por ejemplo, de un extintor de incendios, ya que generaría electricidad estática. La utilización de extintores de CO₂ para crear atmósferas inertes en tanques siendo el origen de varias explosiones.

5.5.2 Producción de una atmósfera inerte en zona de vapores

La protección de una atmósfera inerte permite proteger el tanque, porque reduce el contenido de oxígeno de modo que la combustión en la zona de los vapores resulta imposible. Sin embargo, las personas que se encarguen directamente del trabajo deben conocer perfectamente las limitaciones y características del gas inerte utilizado. De otro lado, la ejecución del trabajo sin tener un conocimiento adecuado ni el equipo necesario podría crear situaciones peligrosas, porque induce una sensación falsa de seguridad.

Una consideración es que el contenido de oxígeno debe ser prácticamente nulo mientras se ejecutan los trabajos. Además, los gases utilizados para crear la atmósfera inerte pueden ser el dióxido de carbono o el nitrógeno. Ambos suelen suministrarse en tanques y el primero también puede obtenerse en forma sólida.

5.5.3 Eliminación de residuos

Ya sea los residuos líquidos o sólidos pueden emitir vapores inflamables durante la realización de "trabajo en caliente". Se pueden eliminar con una limpieza utilizando vapor, productos químicos o cualquier otro método adecuado. En caso relimpiar con vapor, convendría utilizar un caudal adecuado que supere el porcentaje de condensación y establecer una conexión eléctrica entre la boquilla de vapor y la envoltura de recipiente. En tal caso el recipiente alcanza temperaturas próximas a las de ebullición del agua.

Por otro lado, el uso de productos químicos puede ser utilizado para eliminar residuos, pero genera riesgos para la salud del personal exigiendo la adopción de las precauciones necesarias.

Las pruebas para detectar la existencia de vapores inflamables constituyen la fase más importante de la limpieza o protección. Tendrán que realizarse antes de comenzar cualquier modificación o reparación, ya sea en operaciones de soldadura y oxicorte o trabajos que produzcan calor y, con cierta frecuencia, durante la ejecución del trabajo. Las pruebas han de realizarse con un explosímetro que funcione correctamente y proporcione lecturas fiables. Tiene que comprobar que el indicador esté calibrado para los vapores a medir; la granulación, el manejo y la lectura sean los correctos, y los valores medios se interpreten y apliquen convenientemente. Por otro lado, cuando se utilice gases inertes, se mide el contenido de oxígeno en el tanque para decidir si la situación es peligrosa. Para la medición del oxígeno se puede hacer directamente con un indicador de oxígeno, o bien con un indicador que muestre la concentración de gas inerte.

Cuando se realice “trabajos en Caliente” en tanques pequeños o cubas sin accesos, la cantidad de vapores inflamables medida por el indicador de gases combustibles debe ser prácticamente nula. Si el tanque pequeño contenía un líquido de temperatura de inflamación elevada, hay que extremar las precauciones, debido a que el indicador no señalará la existencia de vapores. En caso de realizar trabajos de soldadura u oxicorte, el calor puede evaporar cierta cantidad de líquidos puede crear una mezcla de vapor- aire inflamable en el recipiente provocando así una explosión.

De otro lado, los materiales que almacenaba anteriormente el tanque eran tóxicos, se tendrá que realizar pruebas adicionales para averiguar si la atmósfera fuese o no peligrosa para la salud de las personas.

No se deben realizar trabajos en caliente de soldadura o equivalente en áreas cercanas en 15 metros a tanques conteniendo líquidos de Clase I ó 6 metros a

tanques con líquidos de Clase II y III. En caso de áreas peligrosas, se tiene que tomar medidas especiales como la instalación de quipo contraincendio adicional, personal de inspección para detectar algún fuego incipiente y para poder operar inmediatamente los equipos de contraincendio.

5.6 Riesgos potenciales en Almacenaje de líquidos

Después de todo lo que se ha visto anteriormente, se puede añadir a nuestro conocimiento el riesgo potencial en el almacenaje de fluidos que se da en las plantas, ya sea en almacenaje de productos inflamables donde existen riesgos potenciales de accidentes.

Estos riesgos pueden originarse o provenir de diversas fuentes como puede ser las siguientes:

1. sobrepresión o vacío (roturas de recipientes por explosión o implosión)
2. fugas y derrames
3. mezclas de productos incompatibles químicamente
4. alteración de las condiciones de almacenamiento (temperatura y presión), entre otras
5. cargas eléctricas
6. causas naturales (terremotos, temblores, alta temperatura ambiental, rayos, etc.)
7. errores operativos o fallas de componentes, etc.

Debido a sus propiedades físicas y químicas, un mismo producto puede generar diferentes riesgos y problemas. De tal manera, es importante recordar que no es necesario que un producto se encuentre en grandes cantidades como para generar un accidente de importantes consecuencias. Los accidentes posibles de ocurrir pueden afectar gravemente la salud del hombre, provocar daños materiales en la planta industrial y perjudicar al medio ambiente.

Los riesgos principales enumerados a continuación, tienen una fuerte interrelación entre sí, y la mayoría de las veces la consecuencia de una falla se transforma en causa de otra, dándose el fenómeno de reacciones en cadena o efecto dominó que potencia el problema inicial. El orden de prioridad para ponderar los riesgos es:

Los que afectan directamente a las personas dentro y fuera de la planta.

- Incendio / explosión
- Emisiones tóxicas
- Corrosividad

Los que dañan seriamente al medio ambiente

- Fugas / derrames
- Corrosión
- Emisiones tóxicas

Los que ocasionan pérdidas materiales

- Incendio / explosión
- Corrosividad
- Pérdidas por evaporación

Cada planta podrá utilizar también otras sustancias químicas dentro de sus procesos productivos, para cuyo manejo y almacenamiento se tendrán en cuenta las reglamentaciones específicas de cada una de ellas.

5.6.1 Operación de tanque de Almacenamiento

Aquellos que no forman parte del recipiente son los accesorios de los tanques, quienes están directamente implicados en muchos accidentes que los propios

recipientes, debido a que sondas frágiles y se ven afectados por la sobrepresión y el vacío.

5.6.1.1 Sobrellenado

Se puede resaltar algunos casos donde se producen sobrellenados de los tanques de almacenamiento como la falta de atención, el tarado incorrecto de válvulas, los diversos errores en los indicadores de nivel, entre otros. Para minimizar este problema se decide colocar disparadores y alarmas de nivel alto en los recipientes de almacenamiento y disparadores, pero tiene que comprobarse periódicamente el estado de las alarmas sin ignorar sus avisos.

Si el grado de llenado es mayor en un tanque y las cantidades transferidas a él, entonces será necesario instalar una alarma de alto nivel de llenado. Por otro lado, los derrames de un tanque de almacenamiento se deben recoger en el cubeto o dique.

En más de una ocasión se han sobrellenado los tanques debido a que se cambió el líquido almacenado por otro con un peso específico menor. Cabe mencionar, que el medidor de nivel mide el peso y no el volumen.

Prevención de Sobrellenado

Cuando se realice la transferencia de líquidos Clase I desde tuberías principales o recipientes marinos a tanques de superficie en terminales líquidos se tiene que seguir los siguientes métodos de protección:

- Cuando se tiene tanques aforados se tiene un personal durante la recepción del producto con comunicación frecuente mantenida con el proveedor en caso de que el flujo sea desviado o retenido.
- El alarma debe ubicarse donde el personal de servicio pueda disponer de una rápida detención o desvío del flujo durante las operaciones de transferencia.
- Los tanques tiene que estar equipados con un sistema que sea independiente de la detección de alto nivel que automáticamente detienen o desvían el flujo.

Los procedimientos formales son:

- Para supervisar la correcta alineación y recepción inicial en el tanque debe estar cubierto por instrucciones que cubren métodos sobre la recepción del embarque. Tiene que haber entrenamiento del desempeño del personal en las operaciones que son supervisadas en el Terminal.
- Para la inspección y la prueba de los equipos de medición se tiene planes y procedimientos, siendo estos aceptados por la autoridad vigente que no excederá de un año.
- Se debe proveer de un medio para notificar el llenado del tanque, de la terminación inminente de la operación en la conexión de llenado del tanque, y también para detener la entrega del líquido al tanque antes de completar su llenado. En ninguna de los casos esas previsiones interfieren en el funcionamiento de la ventilación normal o la de emergencia.

5.6.1.2 Sobrepresurización

El diseño en la gran mayoría de los tanques soportan una presión manométrica de 8 pulgadas de columna de agua (0.3 psi o 2 kPa) y pueden estallar cuando la presión sea tres veces superior, siendo estos fácilmente dañables.

Una manera de evitar derrames en los tanques de almacenamiento, es que estos tanques estén diseñados para romper la soldadura del techo con la pared. Sin embargo, el tipo de diseño en caso de sobrepresión, la soldadura de la pared con el fondo del tanque puede ceder, debido a una corrosión en la soldadura, ya sea por fatiga o por que falten pernos de anclaje del tanque al suelo. Para esto, tendría que evitarse la corrosión ya que es muy frecuente en aquellos tanques que tienen un fondo de agua o cuando se colocarán absorbentes para vertidos alrededor de la base del recipiente.

Para el caso de un venteo en un tanque, tiene que ser lo suficientemente grande para que deje pasar el flujo de líquido de entrada, entonces se tiene que equipar al tanque con una boca de hombre con bisagra o con un dispositivo de rebose.

Para evitar sobrepresurización en recipientes, el venteo tiene que colocarse próximo al borde del techo, y su punto más elevado no debe ser más de ocho pulgadas ni estar por encima del extremo superior de las paredes.

5.6.1.3 Trabajos en Manhole abiertas.

Cuando se quiso introducir un sólido en un recipiente de una planta, que estaba instalado en el interior de un edificio, usualmente se quitaba la tapa de la boca de hombre. El recipiente se encontraba lleno de tolueno caliente. Un cambio de composición en la materia prima, que no se detectó en los análisis previos, provocó la emisión de una cantidad de vapor mayor que lo habitual y un operador resultó muerto. Se llevó a cabo una investigación y se descubrió que el sistema de ventilación estaba mal diseñado, mal instalado y modificado de manera ineficaz. Inclusive no había mantenimiento programado del sistema.

No es correcto abrir bocas de hombre de recipientes que contienen vapores tóxicos o inflamables. Se puede concluir, para este tipo de operaciones se deben llevar a cabo en espacios abiertos y se deben instalar detectores de gas, en caso de que haya una fuga de vapores inflamables dentro de un edificio cerrado.

CAPITULO VI TRANSPORTE DE LÍQUIDOS INFLAMABLES

6.1 Operaciones e Instalaciones de Carga y Descarga

En las instalaciones para carga y descarga de carros tanque y cisternas deben estar ubicados a nivel del terreno y a otros edificios de la planta o la línea de propiedad adyacente más cercana que pueda ser construida a una distancia al menos de 7.6 m (25 pies), y para líquidos de clase I medidos desde la boca de llenado o conexión de transferencia más cercanos. Se puede reducir estas distancias si existe una adecuada protección a las exposiciones. Se puede adicionar a los edificios las bombas o casetas y puedan ser parte de las instalaciones.

Una manera de contener los vertimientos es proveer a los sistemas de drenaje de instalaciones de carga y descarga una cubierta o techo, que no limite la disipación de calor o la dispersión de vapores inflamables, no restrinja el acceso para el combate y control de incendios que deben tratarse en las instalaciones al aire libre.

En las instalaciones de carga y descarga se usan para cargar líquidos en vehículos tanque a través de domos abiertos deben equiparse con medios para empalmarlas eléctricamente, de esta manera que se proteja los peligros de la electricidad estática.

Este tipo de protección consiste en un cable de empalme metálico, éste pueda ser conectado de manera eléctrica y en forma permanente al conjunto de tuberías de llenado, o en alguna parte de los bastidores que estén con enlace eléctrico al conjunto de tuberías de llenado. Entonces, el espacio libre de este cable debe equiparse con una grapa o dispositivo equivalente, y ser fijado de una manera conveniente con alguna parte metálica en contacto eléctrico del tanque de carga de la cisterna.

Como se sabe, todas las partes del conjunto de tuberías de llenado y el tubo de llenado vertical deben conformar un camino continuo eléctricamente conductor.

Los equipos como tuberías, bomba y medidores usados para transferir líquidos de Clase I entre los tanques de almacenaje y el tubo de llenado de la instalación de carga, no deben usarse para la transferencia de líquidos Clase II o Clase III. Pero si el equipo es limpiado entre transferencias esta previsión no se aplicará, ni tampoco para mezclas de líquidos miscibles en agua donde la clase de mezcla esté determinada por la concentración de líquido en agua.

Para las bombas remotas se encuentren ubicadas en tanque subterráneos deben tener un dispositivo detector de fugas de lista, instalados del lado de descarga de la bomba, entonces se pueda indicar en el sistema de la tubería no es esencialmente a prueba de líquidos. Estos dispositivos se pueden verificar y probar al menos una vez al año en concordancia con la especificaciones del fabricante, y de esta manera se pueda verificar su correcta instalación y operación.

6.2 Carga y descarga de Vehículos Tanque (carros tanque, cisterna)

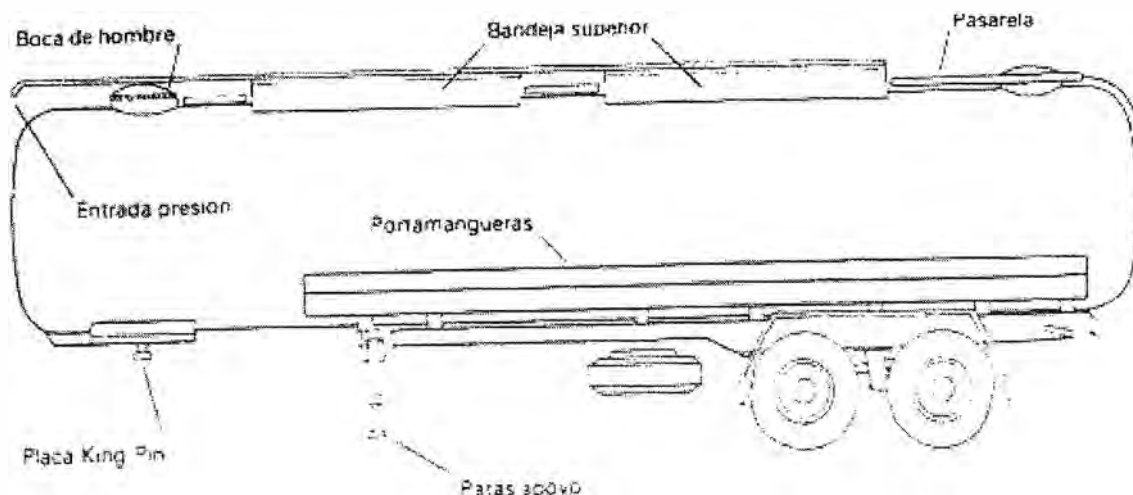
En caso de cargar líquidos solo debe hacerse en tanques de carga construidos de materiales compatibles con las características químicas de los líquidos. Los líquidos cargados van a tener que ser químicamente compatibles con el líquido de la carga inmediatamente anterior, a menos que sea limpiado el tanque de carga.

Se puede considerar que, antes de cargar en cisternas de domos abiertos se debe tener una conexión a tierra al vehículo o tanque, y antes de levantar las tapas del domo esta conexión tendrá que permanecer en su sitio hasta completar el llenado y que las tapas del domo se hayan cerrado y asegurado.

En caso de transferir líquidos de Clase I a los motores de los vehículos tanque o los motores de bombas auxiliares o portátiles, van a ser apagados al conectarse o desconectarse las conexiones de manguera (Fig.N° VI-1). Si en la carga o descarga

no requiere el uso del motor tanque, el motor va a permanecer apagado en cualquier operación de transferencia que involucre líquidos de Clase I.

Figura N° VI-1: Partes de una cisterna



Fuente: revista ingeniería química- sep -2002

Cuando el llenado se hace a través de domos abiertos hacia las cisternas que contienen mezclas de vapor –aire dentro del rango de inflamabilidad, o en caso que el líquido transferido a los tanques pueda formar una mezcla con estas características, tendría que hacerse mediante un tubo de llenado que se extenderá hasta 150 mm del fondo del tanque. Pero esto no es necesario en caso de que sean cargados líquidos que no acumulen electricidad estática.

Si fuese cargado en una cisterna por la parte superior con líquidos de Clase I sin un sistema de control de vapores, las válvulas van a ser usadas para el control de flujo final deben ser tipo auto-cerrante y debe mantenerse manualmente abiertas excepto cuando sean provistos por medios automáticos para el corte de flujo cuando este tanque se encuentre lleno.

Los sistemas de corte automático deben equiparse con una válvula de cierre manual que se ubica a una distancia segura de la boquilla de llenado para detener el flujo en caso de que el sistema automático fallara.

Si un vehículo tanque sea cargado por la parte superior con control de vapores, el flujo debe tener las siguientes consideraciones:

Cuando se cargue por el fondo de un vehículo tanque y se encuentre equipado con control de vapores y éste no sea utilizado, entonces el tanque debe aliviar a la atmósfera con una altura no inferior a la parte superior del tanque de carga del vehículo, de esta manera se puede evitar la presurización del tanque. Donde las conexiones del sistema de control de vapores de la instalación tendrán que diseñarse de una manera que no impida el escape de vapores hacia la atmósfera cuando no sean conectados al vehículo tanque.

En caso de que se use la carga del fondo se debe utilizar tasas de flujo reducido (hasta que la abertura de llenado quede sumergida), o deflectores de salpicaduras u otros dispositivos para impedir salpicaduras y se puedan minimizar la turbulencia.

Si una cisterna es cargada por el fondo deben proveerse de medios positivos que permitan cargar una cantidad pre-determinada de líquido, junto con un control automático con cierre secundario para impedir el sobrellenado. Entonces, los componentes de la conexión entre el cabezal de carga y la cisterna requeridos para operar el control secundario deben ser funcionalmente compatibles. Además, la conexión entre la manguera o tubería de carga del líquido y la tubería de la cisterna tendrá que hacerse mediante un acople de desconexión en seco.

Los objetos metálicos o conductores como: recipientes para muestras y termómetros, varillas de aforo, no deben introducirse o suspenderse en un compartimento mientras

se esté llenando, o inmediatamente se haya culminado el bombeo para luego pueda permitirse el relajamiento de la tensión de carga.

6.3 Accidentes en camiones y vagones cisterna

Se trata sobre los accidentes que ocurren en la carga y descarga de las cisternas transportadas por carretera. También se describe algunas reacciones descontroladas ocurridas en cisternas.

6.3.1 Sobrellenado

Hay diferentes maneras de llenado ya sea automático o manual, y en muchas ocasiones se produce el sobrellenado en las cisternas.

Para el llenado en un sistema automático, el operario encargado de la carga de la cisterna fija, el contador, la cantidad a cargar, y en tanto se haya alcanzado esa cantidad de producto, en la línea de llenado se cerrará automáticamente.

Se mencionará la diversidad de causas de sobrellenado y son las siguientes:

- Error en la cantidad fijada a cargar, debido a que puedan quedarse restos de productos de cargas anteriores por una avería en el equipo automático de llenado. Además, las cisternas tienen que ser equipadas con una señal de alto nivel que automáticamente cierra una válvula en la línea de llenado.

Las cisternas se cargan de forma manual, y una causa muy frecuente es el sobrellenado siendo el descuido del operario en las operación de llenado. Se relatará un incidente que ocurrió por ignorar las propiedades más elementales de los materiales y de los equipos.

A un operario debía vaciar unos camiones cisterna por gravedad. Se le indicó lo siguiente:

1. Abrir la válvula de la parte superior de la cisterna.
2. Abrir la válvula de vaciado.

3. Una vez vaciada la cisterna, cerrar la válvula de la parte superior.

El operador observó tenía que subir dos veces a la parte superior de la cisterna, entonces decidió cerrar la válvula superior antes de vaciar el tanque. Luego se dio con la sorpresa que el tanque se abolló por implosión.

6.3.2 Roturas de mangueras

Se puede destacar los fallos provocados por el uso de mangueras dañadas o por estar hechas con materiales inadecuados. La causa más usual de accidentes causados por fallos en las mangueras es por que los conductores de las cisternas arrancan el vehículo y lo mueven antes de desconectar la manguera. Las mangueras son una causa frecuente de fugas.

Las razones más usuales son:

La manguera puede estar dañada.

El empleo de una manguera de material no apropiado.

Deben emplearse abrazaderas atornilladas para la industria.

Las conexiones incorrectas pueden darse particularmente cuando las mangueras están sujetas con un hilo o dos roscas, en vez de utilizar roscas distintas o por falta de juntas.

La manguera se desconectó antes de despresurizar, realizándose esta operación debido a la inexistencia de una válvula de venteo.

La manguera se empleó para un servicio de nitrógeno o de vapor.

Las normas de operación establecían que todas las cisternas en carga se debían colocar una barrera metálica portátil. Por otro lado, las líneas de carga deben ser provistas de *válvulas para aislamiento* de emergencias a control remoto.

En caso de romperse una manguera por cualquier causa se tiene que interrumpir el bombeo desde un mando colocado a distancia en zona segura. Entonces el flujo de retorno desde la cisterna tendrá que evitarse con una válvula de retención.

Si se usan válvulas de control para el aislamiento de emergencia (Fig. N° VI- 2), puede necesitarse un interruptor especial en la planta, con el fin de cerrarlas en caso de que sea necesario. Por tal razón, los operadores no tienen que acercarse a la sala de control a modificar los puntos de ajuste de los controladores.

Las válvulas para aislamiento de emergencias no tienen ningún valor si no se usan cuando se necesitan. En caso de que hubiese una fuga de material peligroso, los operadores intentan aislar la fuga sin parar la planta. Esto es una práctica que supone correr riesgos innecesarios.

Figura N° VI-2: Partes importantes en una cisterna

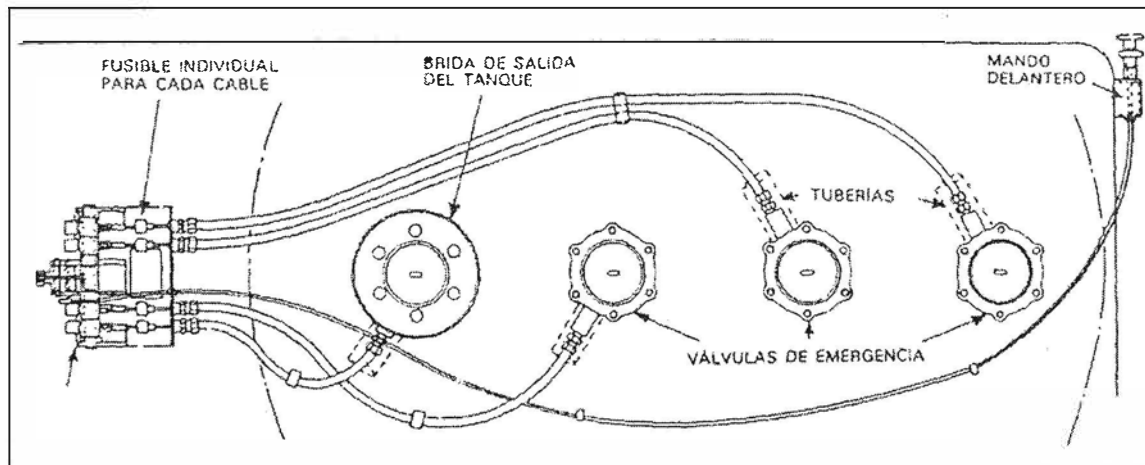


Figura2. Vista por la parte inferior de la cisterna que muestra instalación típica de válvulas y mandos de emergencia.

6.3.3 Problemas frecuentes en el vaciado de cisternas

Con mucha frecuencia para el vaciado de cisternas se usa aire comprimido con determinadas cargas sólidas. Cuando la cisterna está vacía, el conductor abre la

válvula de venteo y después mira en la boca de hombre para comprobar si está completamente vacía.

Se tiene en cuenta los equipos de proceso que están sometidos a presión tienen que liberarse. Normalmente, esto se hace con un permiso de trabajo, donde una persona prepara el trabajo y otra abre el equipo.

Cabe mencionar un accidente, donde un conductor que no estaba familiarizado con la operación empezó a aflojar los pernos de cierre rápido de la boca de hombre antes de despresurizar la cisterna a través del venteo. Cuando llevaba aflojando dos vástagos del cierre, saltó la tapa por los aires y mató al conductor.

Varios accidentes graves o fatales han ocurrido cuando un hombre solo, ha hecho todo el trabajo ya se preparación y apertura, debiendo utilizar un sistema de apertura rápida en lugar de pernos y tuercas. Por esta razón, el operador cuando tenga que abrir manualmente un equipo que ha estado presurizado, debe considerarse su diseño en cuanto a lo siguiente:

a.- El diseño de la tapa o cubierta debe permitir que se pueda separar y abrir un cuarto de pulgada (6mm) y tiene que ser capaz de resistir la presión, precisando de otra maniobra para que se pueda soltar la tapa totalmente. En caso, que si ésta se suelta mientras el equipo está a presión, la tapa se abrirá parcialmente y la presión se desalojará por la apertura de la tapa, o en todo caso se vuelve a cerrar.

b.- Se deben proveer enclavamientos para bloqueo, de tal forma que el equipo no pueda abrirse hasta que la fuente de presión esté aislada y la válvula del venteo esté abierta.

c.- Deben ser visibles tanto el manómetro como la válvula de venteo para el operador, ya sea desde su posición de trabajo cuando tenga que abrir la tapa o cubierta. La mayoría de estos incidentes han sucedido en recipientes donde los productos químicos han reaccionado entre ellos.

CAPITULO VII CONTROL DE FUENTES DE IGNICIÓN ELECTRÓSTÁTICA

Un riesgo común en la amplia variedad de industrias y procesos es la electricidad estática como una fuente de ignición. El término de “Electricidad estática” se emplea para designar la electrificación de los materiales por medio de su contacto y separación física, y los efectos de las cargas positivas y negativas que se forman de este modo, especialmente cuando se puedan originar chispas que constituyen un riesgo de incendio o explosión.

En caso de haber un riesgo o explosión se necesitaría una descarga o combinación súbita de las cargas positiva y negativa, donde la electricidad estática se convierta en fuente de ignición tendrán que cumplirse con las siguientes condiciones:

1. Tener medios efectivos que generarían la electricidad estática.
2. Tener medios que acumulen las cargas separadas y que se pueda mantener en un adecuado diferencial de potencial eléctrico.
3. Tiene que producirse una descarga en forma de chispa de energía suficiente.
4. La chispa debe ocurrir ante la presencia de una material que pueda entrar en ignición.

La carga estática puede aparecer en la superficie de un objeto simplemente porque se ponga cerca de otro cargado estáticamente, a éste mecanismo se le conoce como “carga por inducción” y se produce fundamentalmente por la manipulación (mediante la atracción y repulsión) de cargas intrínsecamente equilibradas dentro de un objeto sin cargar, que producen regiones independientes en sus superficies en cargas equilibradas pero de signo contrario.

Cuando la electricidad se encuentre presente sobre la superficie de un cuerpo no conductor, donde queda atrapado o no puede escapar se llama electricidad

Estática. La electricidad que se halla sobre un cuerpo conductor que, a su vez, esté en contacto solamente con cuerpos no conductores, también se ve impedida de movimiento; es decir "estática". Es decir, el cuerpo donde se encuentra la electricidad se dice que está cargado.

- En ciertas operaciones no se puede impedir que se den las condiciones para la producción de electricidad estática peligrosa, pero se debe adoptar medidas para asegurar que no existan mezclas de materias capaces de entrar en ignición en los puntos donde puedan saltar las chispas.

- Como una disipación de la electricidad estática se tiene las interconexiones y puestas a tierra, donde el proceso debe conectarse dos o más objetos conductores por medio de un conductor. "puesta a la tierra", es una operación de conectar uno o más objetos conductores a la tierra, lo que constituya una forma específica de interconexión. Además, la interconexión se hace con el objeto de reducir al mínimo las diferencias de potencial entre objetos conductores. Igualmente, la puesta a tierra sirve para minimizar las diferencias de potencial entre los objetos y la tierra.

- Al moverse los líquidos inflamables en contacto con otros materiales se genera la electricidad estática, esto ocurre generalmente en el paso de los líquidos por el interior de tuberías y en las mezclas, vertidos, bombeos, filtraciones o agitaciones de líquidos. En algunas condiciones cuando se trate con hidrocarburos líquidos, se puede acumular bastante electricidad estática. Si esta acumulación es de magnitud suficiente se producen chispas de descarga. Si se produce una chispa en presencia de una mezcla inflamable de aire y vapor tendrá lugar una ignición. En consecuencia, deben darse los pasos necesarios para impedir que estas condiciones se produzcan simultáneamente.

7.1 EQUIPO E INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Se aplica áreas donde son almacenados y manejados líquidos de Clase I por encima de sus puntos de inflamación. Además, cualquier equipo eléctrico no tiene que constituir una fuente de ignición para el vapor inflamable que pueda estar en operación normal o durante un vertimiento.

Las previsiones requieren que la instalación de un equipo eléctrico sea apropiada para ubicaciones de Clase I, División 1 o 2 o zona 1 o 2 (según National Electrical code - NFPA 70), además debe de permitirse el uso de equipo eléctrico ordinario, incluido el dispositivo como interruptores, si es instalado en un salón o encerramiento que sea mantenido bajo presión positiva respecto del área clasificada. El aire de reposición de la ventilación no debe estar contaminado.

División de Lugares Clase I

Los lugares Clase I

Son aquellos lugares en los cuales existe o puede existir en el aire cantidades suficientes de gases o vapores inflamables, como para producir mezclas explosivas o inflamables, como sigue:

Zona 0, aquellos lugares en los que están presentes atmósferas explosivas, permanentemente o por largos periodos.

Zona 1 o División1, aquellos lugares en los cuales:

a.- Es probable que se formen atmósferas explosivas durante la operación continúa, intermitente o periódica, en condiciones normales de funcionamiento, concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables; o

b.- Se pueden formar con cierta frecuencia concentraciones peligrosas ya se por gases o vapores a causa de trabajos de reparación, mantenimiento o debido a fugas.

c.- la ruptura o el mal funcionamiento de un equipo o procesos que pueda liberar concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables que a su vez puedan ocasionar una falla simultánea en un equipo eléctrico.

Esta clasificación generalmente se da en lugares donde se vierten líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables de un recipiente a otro, los lugares que contengan tanques abiertos o depósitos inflamables, lugares de secado, salas de bombeo de gases o líquidos volátiles inflamables no ventilados en recipientes abiertos, sean fáciles de romper o mal tapados, y todos los demás lugares en donde puedan ocurrir concentraciones de gases o vapores inflamables en el curso de las operaciones.

Zona 2 o División 2, denominándose así a los siguientes lugares:

a.- En caso que se procesen, manejen o empleen líquidos volátiles inflamables o gases inflamables, en donde los líquidos, gases o vapores peligrosos se encuentren normalmente contenidos en recipientes o en sistemas cerrados, o también puedan escapar solamente en caso de ruptura accidental o explosión de dichos recipientes o sistemas, o en funcionamiento anormal de un equipo.

b.- Evitar las concentraciones peligrosas de gases o vapores por medio de la ventilación mecánica del tipo extracción, en caso que hubiese un peligro de falla o un funcionamiento anormal del sistema de ventilación.

c.- Pueden estar cercanos a los lugares de zona 1, y a los cuales se pueda llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores peligrosos, y tratándose de evitar dicha comunicación por medio de un sistema de ventilación por inyección de aire limpio y se provean medios seguros evitando fallas en la ventilación.

Esta clasificación abarca lugares donde se empleen gases o vapores inflamables o líquidos volátiles, que puedan ser peligrosos en caso que hubiese un accidente o alguna condición anormal de funcionamiento.

La cantidad de material peligroso que se escape en caso de que ocurriese un accidente, la eficacia de algún equipo de ventilación, el área total se viese afectada

con respecto a explosiones o incendios, son factores que se deben considerarse al determinar la clasificación y extensión de cada área peligrosa.

Para los tubos eléctricos y sus cubiertas, separados de los fluidos procesados con un simple sello o barrera, deberán clasificarse como un lugar de zona 2, en caso que la parte externa del tubo y su cubierta se encuentran en un lugar peligroso.

7.2 PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDOS INFLAMABLES

El almacenamiento en tanques será con una capacidad de 30 000 litros o más, y desde los cuales se haga la distribución generalmente en camiones cisternas con productos de líquidos volátiles inflamables.

Áreas Peligrosas en Bombas, purgaderos, accesorios de vaciado, medidores y dispositivos similares

a.- Si en las áreas interiores que se encuentren ventiladas que contengan bombas, purgaderos, accesorios de vaciado, medidores y dispositivos similares localizados en tuberías que llevan *líquidos inflamables* a presión, siendo consideradas como lugares de Clase I, división 2, hasta una distancia en toda dirección de 1.5m de la superficie exterior de los dispositivos antes mencionados. El área Clase I, División 2, se extenderá horizontalmente hasta 7.5m de cualquier superficie de estos dispositivos y hasta 90 cm. por encima del piso o de nivel del terreno

b.- En caso de que no hubiese ventilación adecuada y contengas bombas, purgaderos, accesorio de vaciado y otros dispositivos similares colocados en tuberías que lleven líquidos inflamables a presión, tendrán que considerarse como lugares de Clase I, División 1, hasta una distancia en todas direcciones de 1.5m su superficie exterior. El área Clase I, División 1, extendiéndose también horizontalmente hasta 7.5m de cualquier superficie de estos dispositivos y hasta 90 cm. por encima del piso o del nivel del terreno.

c.- Las áreas al aire libre que contengan dispositivos mencionados antes o similares colocados en tuberías y que transporten líquidos inflamables a presión, se tendrá que considerar como lugares de Clase I, División 2, hasta una distancia en todas direcciones, de 90 cm. de su superficie exterior.

El área Clase I, División 2 se extenderá también hasta 45 cm. por encima del nivel del piso dentro de los 3m horizontales de cualquier superficie de dichos dispositivos.

Transvasado de Líquidos inflamables a envase individuales

a.- Las áreas al aire libre o las que estén en los interiores sean dotadas de medios mecánicos seguros de ventilación positiva y en las cuales se puedan transvasar líquidos inflamables a envases individuales, tendrán que considerarse como lugares de Clase I, División 1 hasta la superficie de una esfera de 90 cm. de radio, alrededor del respiradero u orificio de llenado, y lugares clase I, División 2, en el espacio que comprende entre dicha superficie y otra concéntrica a ella de 1.5m de radio, incluyendo además el área horizontal que está comprendida en una circunferencia de 3 m de radio alrededor del mismo punto, con una altura de 45 cm. sobre el nivel del piso o suelo.

b.- Las áreas interiores en donde se transvasen líquidos inflamables a envase individuales, sin medios mecánicos seguros de ventilación positiva, deben considerarse lugares de Clase I, División 1.

Carga y descarga de vehículos o Camiones Cisterna en lugares al aire libre

a.- El espacio que abarca en todas direcciones hasta 90 cm. de la cúpula abierta, por el cual se efectúa la carga o en todo caso a partir del respiradero, y cuando éste se encuentre cargándose con la cúpula cerrada y respiradero al aire libre, tendrá que considerarse lugar Clase I, División 1.

b.- La distancia comprendida entre dos esferas de radio de 90 cm. y 1.50 m, respectivamente, con la cúpula abierta por la cual se efectúa la carga, o a partir del

respiradero cuando se está cargando con la cúpula cerrada y respiradero al aire libre, deberá considerarse como lugar Clase I, División 2.

Tanques sobre el suelo

a.- El área que se extiende por encima del techo y por dentro de la cubierta externa de un tanque de techo flotante, deberá considerarse Clase I, División 1.

b.- A nivel del suelo los tanques que no sean de tipo de techo flotante, el área de 3m de ancho que rodea su cubierta externa, sus extremos y su techo deberá considerar lugar Clase I, División 2. Cuando los tanques estén rodeados por muros cortafuego, se considerará que el área interior extendida hasta el tope del muro, es un lugar Clase I, División 2.

c.- En el caso que el área se extienda en todas direcciones hasta 1.5m alrededor de un orificio de ventilación deberá considerarse lugar Clase I, División 1.

d.- El área comprendida entre 1.5m y 3m que se extiende en todas direcciones alrededor de un orificio de ventilación, se considerará como lugar Clase I, División 2.

Fosas

a.- Toda depresión o foso que se encuentre dentro de la División 1 o División 2 antes definidos, debe considerarse lugar Clase I, División 1, a menos que esté dotado de ventilación positiva mecánica y segura.

b.- Cuando un área de este tipo esté provista de ventilación mecánica positiva y segura, entonces debe considerarse como lugar clase I, División 2.

c.- Todo foso o depresión que no se encuentre dentro de un lugar de División 1 o División 2, pero que contenga tuberías, válvulas o accesorios, se clasifican como lugar Clase I, División 1.

Garajes de estacionamiento y reparación para vehículos cisterna

Se considera a estos locales como lugares de Clase I, División 2, hasta 45 cm. sobre el nivel del piso o del suelo; excepto cuando a juicio de la Autoridad competente, y las condiciones puedan exigir una clasificación más severa o una extensión mayor del área peligrosa.

Instalaciones y Equipos por Encima de Áreas Peligrosas

Cada instalación fija que pase por encima de área peligrosas debe encontrarse dentro de las tuberías metálicas, o deben ser cables tipo MI, TC, SNM. Los equipos fijos que puedan producir arcos, chispas o partículas metálicas calientes, tales como: lámparas, seccionadores, interruptores, tomacorrientes, motores u otros equipos que hagan contacto de cierre y apertura o deslizantes, deberán ser de tipo totalmente cerrado, o contruidos de tal modo que impida el escape de las chispas o partículas calientes de metal.

Sellado en tuberías y drenaje

a.- Los sellos tienen que ser provistos en sistemas de tuberías a fin de impedir el paso de los gases, vapores o llamas de una parte de la instalación eléctrica o través de las tuberías.

b.- En caso de que los gases, vapores o llamas sean con cable tipo MI se podrán evitarse de acuerdo a su propio diseño del cable, para los accesorios terminales del cable se podrán usar el compuesto sellador que impida la entrada de humedad y de otros fluidos en el aislamiento.

Para la ubicación de los sellos para tuberías Clase I y División 1:

Se toma en consideración cada tramo de tubería que entra en una cubierta para interruptores, disyuntores, fusibles, relés, resistencias y otros aparatos que puedan producir arcos, chispas o altas temperaturas, tan cerca como sea posible y a no más de 45 cm. de la cubierta. Las uniones, manguitos, codos, codos ciegos y condulets a prueba de explosión, similares a los tipos "L", "T" y "Cruz", deben ser las únicas

cubiertas o accesorios permitidos entre el accesorio sellado y la cubierta. Además los condulets no deben ser más grandes que la tubería de mayor tamaño.

En cada tramo de tubería de 5 cm. o más, ya sea que entre en una cubierta o accesorio donde hay terminales, derivaciones o empalmes y a una distancia no mayor de 45 cm. de dicha cubierta o accesorio.

En caso que hubiese dos o más cubiertas, para las cuales se requieren sellos de acuerdo a lo mencionado anteriormente, están unidas por uniones roscadas o por tramos de tubería de longitud no mayor de 90 cm. tendrá que ser suficiente colocar un sólo sello en cada unión o tramo mencionado, si aquel sello no dista más de 45 cm. de cada cubierta.

Si el tramo de la tubería tuviese que salir de un lugar peligroso como Clase I y División 1. El sello se coloca en cualquiera de los lados del límite de dicho lugar, pero su diseño e instalación debe ser de tal forma que cualquier gas o vapor pueda entrar en la tubería en el lugar peligroso División 1, no ingrese o se comunique al tubo más allá del sello. No tiene que haber acoplamiento, unión, ya sea en cala o accesorio en la tubería entre el sello y el punto en que la tubería sale del lugar peligroso y de División 1 a excepción de lo siguiente:

Sin en lugar de Clase I y División 2 pasa a través de un tubo metálico pesado continuo, que pasa completamente sin accesorios hasta una distancia de 30 cm. de cada límite no va a necesitar estar sellado, siempre que los puntos terminales del tubo sin interrupción estén en lugar no peligroso.

Para ubicación de los sellos para tuberías Clase I y División 2

Para el tramo de tubería que pasa de un lugar peligroso Clase I, División 2, a un lugar no peligroso. Podría colocarse el sello en cualquiera de los lados del límite entre los dos lugares, pero tiene que estar diseñado e instalado de una forma que el cualquier gas o vapor que pueda entrar dentro de la tubería en el lugar de División 2, no se comunique o ingrese al tubo más allá del sello.

Entonces se tiene que usar una tubería metálica pesada o tubería metálica intermedia con rosca de acero entre el sello y el punto en que el tubo sale del lugar peligroso, entonces se use una conexión roscada en el sello. Entonces no habrá unión, acoplamiento, caja o accesorio en la tubería entre el sello y el punto en que la tubería sale del lugar peligroso.

Alambrados y equipos eléctricos

Transformadores y Condensadores para Clase I, División 2

En estos lugares se utilizan los transformadores de tipo seco y condensadores en instalaciones interiores deberán cumplir con lo siguiente:

- a.- Para los transformadores de capacidad de 112.5 Kva. o menos, serán instalados al interior su separación no será menor de 30cm para cualquier material combustible, a menos que estén separados por una barrera resistente al fuego y aislante al calor; en todo caso que, funcionen a una tensión no mayor de 600 V y estén totalmente encerrado, con excepción de las aberturas de ventilación.
- b.- Si los transformadores de una capacidad no mayor de 112.5 Kva. tendrá que instalarse en un cuarto de transformación de construcción y sea resistente al fuego.
- c.- Para los transformadores que sean construidos con aislantes pueden soportar aumentos de temperatura desde 80° C o mayores, entonces no será necesario que cumplan con lo mencionado anteriormente, siempre que estén separados de cualquier material combustible a no menos de 1.80 m horizontalmente y 3.60 m verticalmente, a menos que, estén completamente encerrados y provistos de ventilación.

7.3 Requerimientos Complementarios

Los componentes de un sistema eléctrico deben contar con la aprobación en el área donde se tengan que utilizar, y esto debe ser de acuerdo al *Código Nacional de Electricidad*, NEC 70, NFPA 70 u otro similar aceptada por OSENERGMIN.

Para tomar medidas de seguridad en las instalaciones eléctricas se tiene en cuenta lo siguiente:

Todos los equipos e instalaciones eléctricas sean construidos, instalados y conservados de tal manera que prevengan el peligro de contacto con elementos de tensión y riesgo de incendio, además deben estar conforme a las normas establecidas por el fabricante.

Sólo las personas que son calificadas por su experiencia y conocimientos técnicos, están autorizadas a instalar, regular, examinar o reparar circuitos eléctricos.

Tanto en el equipo o instalación eléctrica debe proveer de un adecuado aislamiento entre los conductores, medios de desconexión eléctrica y una adecuada protección contra sobrecargas.

Los carteles o avisos de seguridad deben ser parte de las instalaciones eléctricas peligrosas, y esos letreros no deben ser de material inflamable.

Las herramientas empleadas en trabajos de mantenimiento, reparaciones de instalaciones y equipos de bajo tensión tendrán que ser debidamente aisladas.

Los sistemas eléctricos deben ser conectados a tierra, de acuerdo a lo establecido por el *Código Nacional de Electricidad*, NEC 70, NFPA 77. Tanto como las armaduras de los conductores eléctricos, accesorios y otros elementos metálicos del equipo, que no se encuentren bajo tensión, tendrán que ser conectados a tierra. Por otro lado, los lugares donde se puedan presentar descargas eléctricas atmosféricas, se tendrán que instalar un pararrayo conectado a tierra de acuerdo a NEC o NFPA 780.

CAPITULO VIII

SISTEMA DE TUBERÍAS Y FUGAS

El diseño, fabricación, montaje, prueba e inspección del sistema de tuberías que conducen líquidos en las Instalaciones para Almacenamiento de Hidrocarburos, deben ser los adecuados a las máximas presiones de trabajo, temperatura y esfuerzos mecánicos que pueden esperarse en el servicio. En general se seguirá las indicaciones de los siguientes incisos:

- a) Deben satisfacer las normas de ANSI B31.3 (Code for pressure Piping)
- b) El sistema será mantenido a prueba de fugas o goteo. Cualquier gotera constituye una fuente de riesgo y la tubería deberá ser vaciada y reparada.

8.1 TUBERIAS PARA TANQUES ATMOSFERICOS

Para los tanques atmosféricos, las tuberías, válvulas, accesorios deberán satisfacer las especificaciones de materiales y las limitaciones de presión y temperatura del ANSI B31.3 y ANSI B31.4, así como lo indicado a continuación:

a.- Válvulas

Las válvulas en los tanques de almacenaje pueden ser de acero o hierro dúctil donde las características químicas del líquido almacenado no sean compatibles con el acero o donde las válvulas sean instaladas al interior del tanque. Se debe permitir válvulas diferentes al acero y al hierro dúctil pero que sean capaces de resistir los esfuerzos y temperaturas involucradas a una exposición al fuego o estas están protegidas de la exposición a incendios, como por materiales que tiene una resistencia al fuego no menor a 2 horas.

Las válvulas preferentemente serán de paso completo permitiendo el reemplazo de la compuerta sin el desmontaje total de la válvula. Cuando las válvulas no son de

vástago ascendente, deberán tener un sistema que permita visualizar si está abierta o cerrada.

Se recomienda el montaje de un suficiente número de válvulas de cierre, control y de alivio para operar adecuadamente el sistema y proteger las instalaciones.

b.- Uniones herméticas de tubería

Las uniones entre tuberías y accesorios deben ser herméticas, pudiendo ser soldadas, con bridas o roscadas. Las uniones roscadas serán para diámetros menores o iguales a 50 mm DN (2 pulgadas), ellas deben tener un diseño y una instalación en donde la resistencia mecánica de la unión no se deteriore si está se expone a un incendio. Las uniones roscadas deben ser hechas con un lubricante o sellante de roscas apropiadas. En las uniones para un sistema de tubería que manejan líquidos Clase I deben soldarse cuando se localicen en espacios confinados dentro de edificios.

Los sistemas de tuberías deben estar adecuadamente soportados y protegidos de daños físicos y de sobreesfuerzos por asentamientos, vibración, expansión o contracción.

c.- Materiales de Bajo punto de Fusión

Para el uso subterráneo se permite materiales de bajo punto de fusión tales como el aluminio, cobre, aleación de cobre y zinc; materiales que se ablandan como los plásticos; o materiales no dúctiles como el hierro fundido dentro de las limitaciones de presión y temperatura de ASME B31, Code for pressure Piping.

Los materiales de tubería que se escogen deben ser compatibles con los líquidos que están siendo manejados. Los sistemas de tubería de estos materiales deben ser diseñados y construidos en concordancia con normas reconocidas de diseño o equivalentes aprobadas. Los sistemas y componentes de tubería no metálica deben instalarse en concordancia con las instrucciones del fabricante.

d.- Tuberías Enterradas

En caso que los sistemas de tuberías se encuentren enterradas o sobre superficie sujetos a corrosión exterior deben ser protegidos, mediante un sistema de protección catódica, a diferencia de las tuberías sobre superficie mediante la aplicación de pinturas u otros materiales resistentes a la corrosión.

Este tipo de tuberías deberán estar adecuadamente protegidas en los cruces de vías y líneas férreas mediante un forro de tubería concéntrica u otro medio adecuado. Además, los extremos de estas tuberías deben sellarse para evitar corrosión del tramo enterrado.

Se tiene en cuenta que las tuberías antes de ser cubiertas, enterradas o puestas en operación, deben ser probadas hidrostáticamente a 150 por ciento la presión de diseño, o neumáticamente a 110 por ciento la presión de diseño, a fin de detectar cualquier tipo de fuga. La presión de prueba es la que indica en los planos, si no está indicada, la presión de prueba será de 15.819 Kg/cm² (225 psig) en el punto más alto del sistema. La prueba se mantiene hasta la inspección visual de todas las uniones pero en ningún caso menos de 10 minutos.

e.- Bombas

Las estaciones de bombas para líquidos de Clase I, con preferencia están situadas al aire libre, a menos que existan condiciones climáticas severas, y de preferencia las bombas serán agrupadas en una sola área.

El tipo de bomba a utilizar será determinado por las características del líquido y los requerimientos de bombeo. Se utilizarán bombas centrífugas, excepto cuando los líquidos sean muy viscosos y sea necesario bombas de tipo desplazamiento positivo.

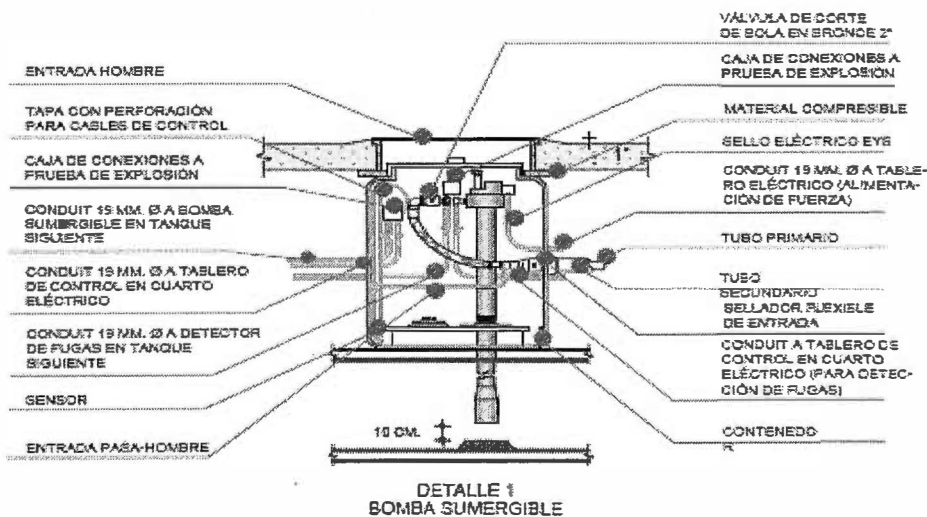
Por otro lado, para el ingreso a las bombas, se instalarán filtros que prevengan el ingreso de partículas sólidas que puedan dañar al equipo. Todas las partes móviles de las bombas deben estar protegidas para evitar accidentes en su operación. Cuando se utilice motores de combustión interna para manejar bombas u otros equipos, éstos tendrán que ubicarse en un área segura; en caso de no poder cumplir este requisito, deben tomarse precauciones adicionales como instalar matachispas en el escape, montar al equipo a un nivel más alto que el del suelo.

Cuando se usan motores eléctricos para operar las bombas y están dentro de áreas peligrosas, los motores deben cumplir con las normas del NFPA 70, en lo que respecta a la clasificación de áreas.

Los colectores (manifolds) de descarga de las bombas deben estar adecuadamente soportados previniendo las posibles contracciones y expansiones de las tuberías (Fig. N° VIII-1). Se trata de no colocar dentro de las áreas estancas.

Otro accesorio para tanques como:

Figura N° VIII- 1: Detalle de una bomba sumergible



Fuente: estaciones de servicio de autoconsumo

f.- Juntas (uniones) de Fricción

Se tiene en consideración a las uniones de tubería porque ellas dependen de las características de fricción o resiliencia de materiales combustibles para la continuidad mecánica o la estanqueidad de la tubería solo tendrán que usarse sobre el suelo y fuera de los edificios o bajo tierra. En caso de ser usadas sobre el suelo, la tubería debe ser asegurada para evitar desenganches en las uniones o el sistema de tubería tiene que diseñarse para cualquier vertimiento resultante del desenganche no pueda exponer indebidamente a personas, edificios importantes o estructuras y resulte fácilmente controlado por válvulas remotas.

Se puede permitir el uso de uniones de tubería dentro de los edificios siempre que cumplan con lo siguiente:

Pueden estar ubicadas donde la fuga pueda ser fácilmente controlada por la operación de una válvula accesible de ubicación remota localizada fuera del área de riesgo.

Tanto la resistencia mecánica como la estanqueidad de la unión no van a depender de la resiliencia de un material o componente combustible.

g.- Soportes de apoyo de carga

Para los soportes de apoyo de carga de tubería que están localizadas en áreas con porcentaje alto de riesgo de exposición a incendios deben protegerse por uno o más de lo siguiente:

El drenaje tiene que ser en una localización segura para evitar la acumulación de líquidos bajo el paso de tuberías.

- La construcción tiene que ser resistente al fuego.
- Sistemas de protección resistentes al fuego o cubrimientos.
- Sistemas de aspersión de agua.

No es requerida una válvula check si la carga y descarga es hecha a través de un sistema común de tubería. Por el contrario, debe proveerse de una válvula de bloqueo, esta válvula debe colocarse para que sea accesible o pueda operarse a control remoto.

h.- Tubería de Ventilación

Las salidas de las tuberías de ventilación de tanques que almacenan líquidos Clase I sean adyacentes a edificios o vías públicas, deben ubicarse de manera que estos vapores sean liberados a un sitio seguro fuera de los edificios a una distancia no menor de 3.6 m por encima del nivel del terreno adyacente. Tienen que descargarse los vapores hacia arriba u horizontalmente lejos de los muros adyacentes.

Estas salidas de ventilación tienen que ubicarse de un modo que los vapores no sean atrapados por los aleros u otras obstrucciones y estén al menos 1.5m de las aberturas de edificios.

Las tuberías de ventilación para tanques de almacenamiento de Clase no deben conectarse mediante múltiples de distribución con las tuberías de ventilación para tanques que almacenan líquidos Clase II o Clase III al menos que tengan ciertos medios para evitar lo siguiente:

- La contaminación
- El posible cambio en la clasificación del líquido menos volátil

Que los vapores de líquidos Clase I entren a los tanques de almacenaje de líquidos Clase II o Clase III.

8.1.1 Requerimientos Complementarios (D.S. 043-2007- EM)

Toda tubería o línea que llegue a un tanque debe ser pintada de un color determinado y con marcas que permitan identificar el líquido que contiene o servicio que presta, de acuerdo a los procedimientos determinados por la Norma Técnica Nacional (Norma ITINTEC 399.012.1984) sobre "Colores de Identificación de tuberías para Transporte de Fluidos en Estado Gaseoso o Líquido en Instalaciones Terrestres y en Naves".

Las tuberías del sistema de vapor de agua o con fluido a temperaturas mayores de 60° C, a menos de 2.5 m. de altura, debe ser debidamente señalizadas y protegidas con cubiertas térmicas. En caso de ser necesarias tendrán que señalarse las tuberías que se encuentren a una altura de 2.5m o más indicando la altura de las mismas,

La presión de diseño será no menor de 10.546 Kg/cm² (150 psig) y debe indicarse en los planos. Se debe tomar las provisiones para evitar o controlar sobre presiones por golpe de ariete o dilatación térmica del fluido.

La tubería con aislamiento que es alterada y re-aislada de forma permanente debe recubrirse con una celda cerrada, y de material aislante no absorbente.

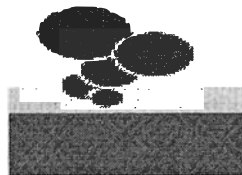
En caso de formarse obstrucciones alrededor de las áreas que producen posibles fugas, al usar bridas de "pasta" de metal soldada la tubería o un segmento de "pasta" de aislamiento no absorbente, luego se procede a sellar la tubería y se pueda evitar posibles fugas al interior del aislamiento adyacente. Si el área estuviese sujeta una fuga, en donde la obstrucción ha sido construida tendrá que tratarse con aislamiento no absorbente o un sistema de aislamiento no absorbente.

8.2 FUGAS

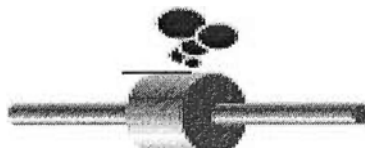
Las fugas es el mayor peligro de las industrias petroquímicas de procesos. El principal problema para evitar que ocurran incendios y explosiones es evitar la fuga de material de proceso de la planta. Además, la mayoría de los materiales que se manejan no arderán ni explotarán a menos que se mezclen con el aire en proporcione adecuadas. Para un mejor conocimiento se tiene algunas fuentes de escape como un punto o lugar desde el cual se puede escapar a la atmósfera gas, vapor o líquido inflamable de tal forma que se puede formar una atmósfera de gas explosiva. A este tipo de escape se le puede entender como un fallo o accidente, el cual se detallara de la siguiente manera:

Escape de grado principal

Es como un escape que se produce de forma continua o presumiblemente durante largos periodos. Ejemplo: la superficie de un líquido inflamable en un depósito abierto a la atmósfera o de techo fijo singas inerte, venteos libres a la atmósfera, etc.



- Hay otro tipo de escape que se produce de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal. Por ejemplo: los sellos de las bombas, compresores y válvulas donde se prevé fugas en condiciones normales, drenajes en recipientes que contienen líquidos inflamables, tomas de muestras de tanques, etc.



Escape de grado secundario

- Este tipo de escape es el que no se prevé en funcionamiento normal y en caso de producirse es probable que ocurra infrecuentemente y en periodos de corta duración. Algunos ejemplos de este tipo de escape: bridas, uniones, sellos y otros accesorios donde no se esperan fugas normales.



8.2.1 Válvulas para drenaje y venteo

La frecuencia de las fugas es porque los operarios dejan las válvulas de drenaje abiertas mientras se está drenando el agua de los tanques de almacenamiento o de los equipos de proceso, luego se percatan que lo se está drenando es producto en lugar de agua.

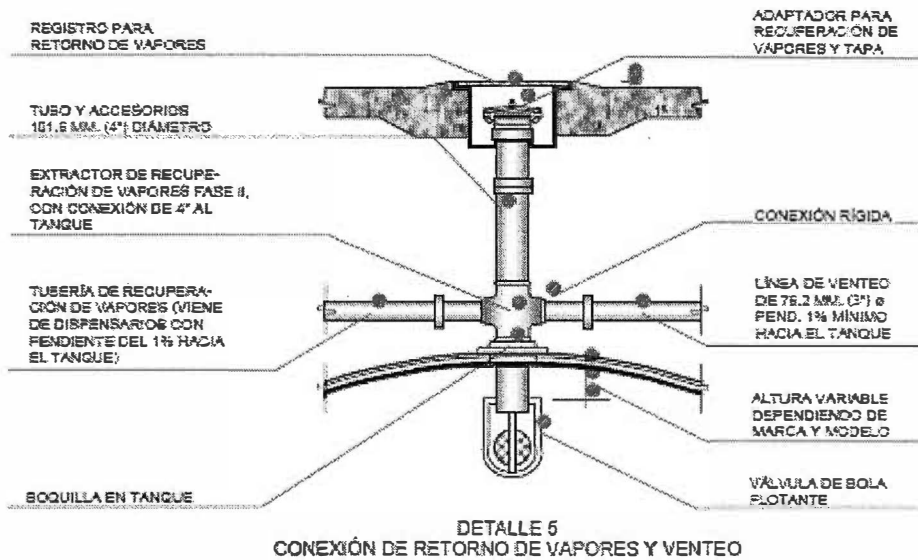
Se deben utilizar válvulas de bola accionadas a mano y con resortes como válvulas de drenaje, y deben mantenerse abiertas adrede y cerrarse automáticamente cuando se suelten, siendo estas lo más pequeñas posibles, y para líquidos volátiles el tamaño máximo debe ser de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Este tipo de válvulas se utilizan ocasionalmente para el vaciado de equipos en el mantenimiento y deben cegarse cuando no se encuentren operativos. Con el fin, de realizarse inspecciones periódicas para asegurarse que los discos ciegos o los tapones sean instalados.

Cuando se maniobren con materiales inflamables, las válvulas de drenaje no deben colocarse por encima de tuberías o equipos calientes. Tampoco deben ser situadas sobre lugares donde se puedan formar charcos de agua, ya que en caso de producirse una fuga, ésta pueda recorrer mucha distancia.

Mientras este tipo de válvulas (fig. N° VIII-2) se instalen para evacuar líquidos no deseados, las líneas de venteo se utilizan para evacuar los vapores y gases no deseados. Su instalación debe ser de tal forma que los vapores no sean capaces de inflamarse, y si en caso se inflamen los daños que causados sean mínimos.

Figura N° VIII-2: Conexión de retorno de vapores y venteo



Fuente - estaciones de servicio de autoconsumo

8.2.2 Métodos para controlar las fugas

Estos métodos a continuación han funcionado con mucho éxito:

Se tiene que disminuir la presión de la planta, con lo cual se reduce el caudal de material fugado.

El cierre de una válvula para aislamiento situada a una cierta distancia.

Se puede confinar la fuga mediante agua pulverizada o con una cortina de vapor. Este sistema de vapor puede usarse para derrames de hidrocarburos.

Añadir un líquido menos volátil al derrame, para poder disminuir la volatilidad del conjunto.

Para la detección de fugas, se recomienda la instalación de los detectores de combustibles, en aquellos lugares donde se manipulen líquidos inflamables.

Se puede mencionar la existencia de cables eléctricos especiales que detectan las fugas de líquidos. Éstos pueden instalarse en aquellos lugares donde se puedan producir las fugas, y las puedan detectar y que localicen la presencia de escape. Si hubiese fugas grandes se podría detectar cuando se comparen los caudales en distintos puntos de la planta.

En la actualidad la fuga es continua y pequeña en las bridas, válvulas, válvulas de seguridad, etc. Las cuales pueden provocar diminutas pero continuas concentraciones de componentes químicos en el ambiente del lugar del trabajo, y estas podrían causar con el tiempo efectos perniciosos. Como se muestra en la Tabla N° VIII – 1 donde las emisiones totales proceden de los de las válvulas tipo prensa estopas.

Tabla N° VIII – 1: Emisiones comunes en una fuga continua

Fuente	% Emisión total
Bridas	8
Bombas	12
Válvulas de seguridad	1
Drenajes	8
Válvulas	57

Fuente: Trevor Kletz- ¿Que falló?, 4ta edición-2002

9.1 Explosiones por ignición de vapores

Necesitamos saber unas definiciones que serán importantes para el desarrollo de este capítulo.

Emisión. - Es el derrame (líquidos) o escapes (gases y vapores) generalmente es por pérdida de contención de los fluidos. Puede generar efectos tóxicos, incendios y/o explosiones según sea la naturaleza de las sustancias emitidas.

Incendio.- Fuego que se desarrolla sin control en el tiempo y el espacio. También es la combustión (de varias formas) de los fluidos contenidos o emitidos, generando radiación térmica dañina, cuando aquellos son inflamables.

Incendio de líquido en charco.- Los vapores emitidos por líquidos inflamables pueden dar origen a una mezcla inflamable si la temperatura del líquido está por encima del punto de inflamación. Puede darse en un depósito de combustible (tanque), o tras un derrame o fuga al exterior, y en este último caso el derrame puede ser confinado (por un dique de contención, o por la topografía del terreno próximo), o no confinado. Además, el líquido derramado puede afectar al mismo o a otros depósitos, calentando su contenido (aumento de presión) y su pared metálica, lo que causa la disminución de su resistencia mecánica. Esto constituye una de las causas más frecuentes de las explosiones de BLEVE.

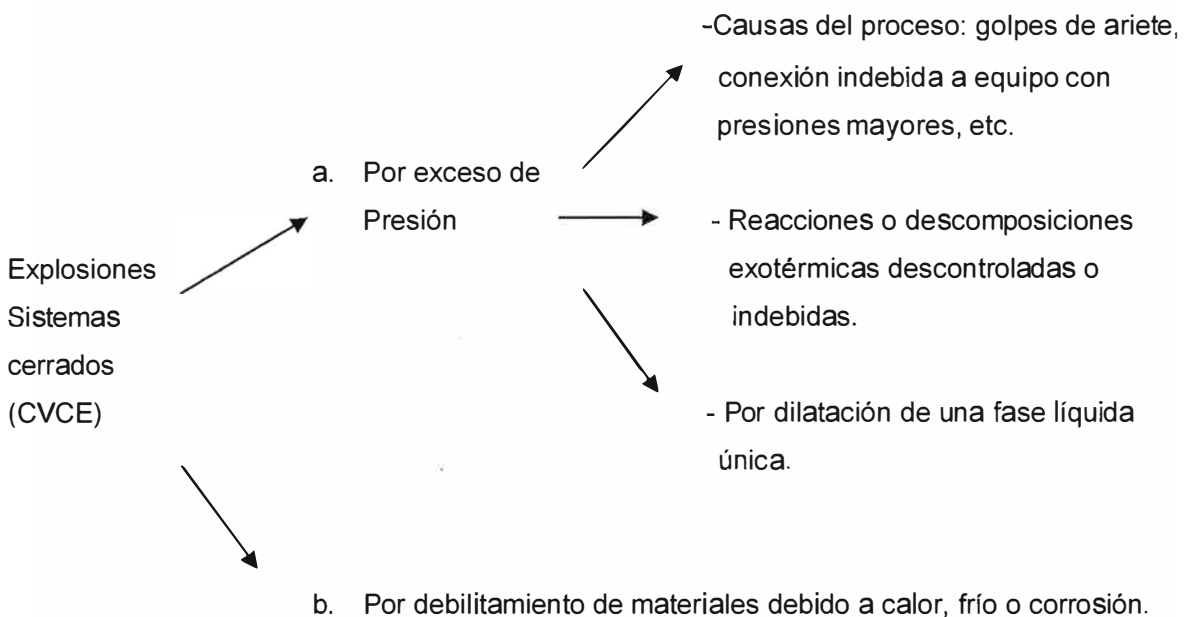
Explosión.- Todo fenómeno de combustión que se propaga en el seno de una mezcla gaseosa inflamable. Las explosiones son fenómenos caracterizados por el desarrollo de una presión (dentro de sistemas cerrados) o de una sobrepresión (en espacios abiertos) que darán daños mecánicos. Son de dos tipos:

Explosión deflagrante (o deflagración).- la que se propaga (mediante una llama) a una velocidad espacial subsónica (inferior a 340 m/seg. en aire).

Las explosiones deflagrantes generan presiones suficientes para hacer daños, aunque admiten ser suprimidas o venteadas antes de que se conviertan en detonantes.

Explosión detonante (o detonación).- la que se propaga a velocidad espacial supersónica. Las explosiones detonantes generan presiones máximas (pico) del orden de cuatro veces en comparación de las deflagrantes, no pueden ser objeto de supresión y se buscan el venteo por sí solas, dañando lo que se ponga en su camino.

Explosiones confinadas (CVCE).- La energía liberada en una explosión confinada en un recipiente se distribuye entre energías de ondas de choque y energía de proyección de fragmentos. (CVCE: confined vapor cloud explosion en términos anglosajones)



El peligro de surgir una explosión por exceso de presión, como en el esquema anterior significa que, en caso de sobrepasarse la presión correspondiente a la resistencia

mecánica de los sistemas contenedores (ejemplo: tuberías, recipientes, etc.) se podría determinar el fallo de contención o confinamiento que origina la fuga del fluido contenido. Esta causa determinaría el diseño del proceso y equipo para su prevención como:

En el diseño de recipientes y tuberías: materiales, espesores y temperaturas de diseño.

Para presiones excesivas se recomienda dispositivos para el alivio.

Controlar la instrumentación empleada en los recipientes.

Una parte de la energía de la combustión se manifiesta en forma de energía mecánica asociando al fuego una onda de sobrepresión. Tal onda, a su vez, está conectada con el avance (subsónico: deflagración y supersónico: detonación) del frente de llama en el seno de la nube inflamada. En caso de considerar darse la segunda explosión después de un efecto BLEVE, el vapor fugado es inflamable, y acompañado de un incendio en bola de fuego

BLEVE. - (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion-término en inglés) se le conoce al suceso que tiene lugar cuando un depósito contiene un líquido almacenado a una temperatura superior a su punto de ebullición o bien contenido un gas licuado, se rompe bruscamente dejando escapar instantáneamente su contenido.

Explosiones No Confinadas (UCVE).- Tienen lugar por la ignición de mezclas de gas entre los límites de inflamabilidad en espacios abiertos.

(UVCE: unconfined vapor cloud explosion- término en inglés), este caso se produce cuando:

- a. La nube de vapor o gas fugado es inflamable.
- b. La ignición (diferida) de la nube se produce un tiempo después de la fuga.

A este tipo de explosiones se conoce como explosiones de nubes gaseosas, que se producen al aire libre, debido al resultado que se da frecuentemente por la inflamación de emisiones accidentales de vapores o de gases a la atmósfera. Este tipo de explosiones puede llegar a presiones tan elevadas; 70 kPa (10psi) pueden encontrarse en el borde de la nube explosiva, y en la parte central de la zona de explosión podría llegar a presiones mayores.

Tener en cuenta la concentración instantánea de un vapor inflamable o gas combustible, es importante la duración de concentración para explosiones por ignición de nubes gaseosas. Para eso podría verse modelos de dispersión donde especifiquen su tiempo de concentraciones medio.

Cabe mencionar, uno de los modelos de dispersión de gases es la ecuación de Bodurtha (1980), el cual predice concentraciones superiores en las cercanías de una fuente de emisión para un gas denso, se puede esperar los mayores efectos de una explosión de nube. Al estimar el riesgo de una explosión por ignición diferida de vapores no confinados, o en caso de investigar un accidente de tipo de explosión, se podría aplicar la siguiente ecuación de Bodurtha:

$$V_f = 0.64 * Q \cdot X_L / u$$

Donde:

V_f = volumen de combustible desde el límite inferior de inflamabilidad al 100 por 100.

Q = caudal de emisión continuo de vapor denso.

X_L = distancia desde el centro de la nube hasta el punto en que da el límite inferior de inflamabilidad.

U = velocidad del viento.

Hay otro método más común para estimar la dispersión debida a una emisión de vapor es la *dispersión gaussiana*. Este método proporciona una estimación de las concentraciones medias de vapor a sotavento, prediciendo solo concentraciones medias temporales.

Tener en consideración, las concentraciones locales pueden ser mayores que esta media siendo esto muy importante cuando se quiere estimar dispersiones de materias muy tóxicas en las que fluctuaciones locales de concentración, y puedan tener un impacto significativo. Su aplicación es fácil para concentraciones a lo largo de la línea central y sobre el suelo, pero tiene debilidades donde no es aplicable para vapores densos, es el caso de la mayoría de los hidrocarburos. Además, sus concentraciones predichas por este método son medias, promediadas en el tiempo, con valores instantáneos que pueden exceder la media. Finalmente, el ámbito de aplicabilidad es típicamente desde 0.1 hasta 10Km a sotavento partiendo de la emisión.

9.2 Dispersión de Gases o Vapores

Este tipo de dispersión se utiliza para determinar las consecuencias de una fuga de materia tóxica o inflamable. Para ello, los cálculos proporcionan una estimación de área afectada así como las concentraciones medias de vapor. Con el fin de realizar esta determinación, se debe conocer el caudal de emisión o (cantidad total emitida) y las condiciones atmosféricas (velocidad del viento, hora del día, cubierta nubosa).

En la figura N° IX-1, se muestra la emisión de una concentración a una cierta altura y velocidad de viento, donde se forma un penacho cuando éste se mezcla con aire fresco antes de tomar contacto con el suelo.

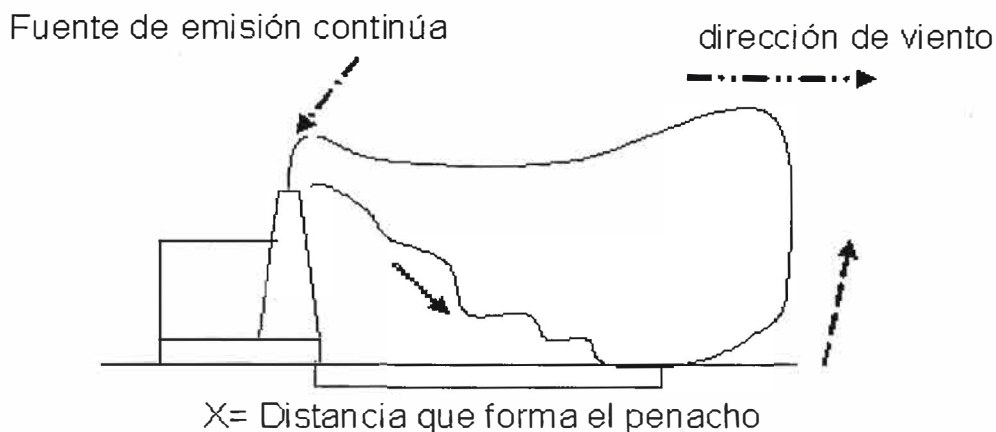


Figura N° IX- 1. Emisión continua de un líquido inflamable formando un penacho.

En caso, de que el material emitido sea más pesado que el aire, el penacho se dejará caer inicialmente hasta el suelo, hasta que la dilución con el aire de lugar a una nube de elevación neutra. Además, se define como gas denso a cualquier densidad que sea mayor que la densidad del aire en el ambiente en el que se esté dispersando el primero. Esto puede ser resultado debido al peso molecular superior al del aire, la humedad del aire, las gotas de lluvia, reacciones químicas en la nube, la temperatura del ambiente.

9.3 Modelo Britter McQuaid

Este modelo es mucho mas completo para la dispersión de gases densos y fue desarrollado por Britter y McQuaid (1988), siendo este modelo muy adecuado para emisiones instantáneas o continuas, al nivel del suelo, a partir de fuentes volumétricas o superficiales de gases densos. Se encontró que la estabilidad atmosférica tenía poco efecto sobre los resultados y no forma parte, por tanto del modelo. Esto sería aplicable para terreno llano.

El modelo requiere de una especificación del volumen inicial de la nube, del flujo volumétrico inicial y la densidad inicial del producto derramado. Además, la velocidad

del viento está a una altura de 10m, la distancia a sotavento y la densidad del gas ambiente.

Para este tipo de modelo se tiene que seguir los siguientes pasos:

El primer paso es para determinar si es aplicable el modelo para gases densos.

Se define como **elevación inicial del penacho** ($g_o = m/s^2$):

$$g_o = \frac{g(\rho_o - \rho_a)}{\rho_a} \quad \text{ecuación 1}$$

y una dimensión característica de la fuente, para emisiones continuas como ($D_c =$ Dimensión de la fuente)

$$D_c = (g_o/u)^{1/2} \quad \text{ecuación 2}$$

Para una nube suficientemente densa que requiere una representación de una nube densa se dará para una emisión continua de la siguiente forma:

$$(g_o \cdot q_o / u^3 \cdot D_c)^{1/3} \geq 0.15 \quad \text{ecuación 3}$$

Para determinar si es aplicable el modelo Britter McQuaid para una nube densa tendrá que cumplir con la ecuación 3 para una emisión continua. Por lo cual, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

El caudal de emisión = $q_o = m^3/s$

Constante de gravedad = $g = 9.8 m/s^2$

Densidad del aire al ambiente = $\rho_a = 1.22 kg/m^3$

Densidad del líquido (ρ_o) = kg/m^3

Velocidad del viento (u) = m/s

De las ecuaciones 1, 2, 3 se van hallando progresivamente de acuerdo al tipo de producto derramado y se van reemplazando los datos para hallar después el valor de A (avance de una emisión continua)

$$A = (g_o^2 \cdot q_o / u^5)^{1/5}$$

Una vez obtenido el valor de A localizamos en la figura 2 con respecto a las concentraciones C_m / C_o para poder igualarlo a la fracción siguiente:

$$X / (g_o / u)^{1/2}$$

Por consiguiente, se despeja el valor de la distancia requerida (X).

Sin embargo necesitamos hallar la concentración C_m donde se puede utilizar una concentración isotérmica equivalente:

$$C_m = \frac{C}{C + (1 - C) (T_a / T_o)}$$

Donde:

T_a = la temperatura de ambiente

T_o = la temperatura de la fuente.

Concentración límite inferior de inflamabilidad = C

Concentración de un líquido básicamente puro = $C_o = 1$

Presión = 1 atm.

Temperatura ambiente = 30 ° C = 303° K

Humedad relativa = 90 %

A continuación se mostrará la grafica logarítmica (figura N° IX- 2):

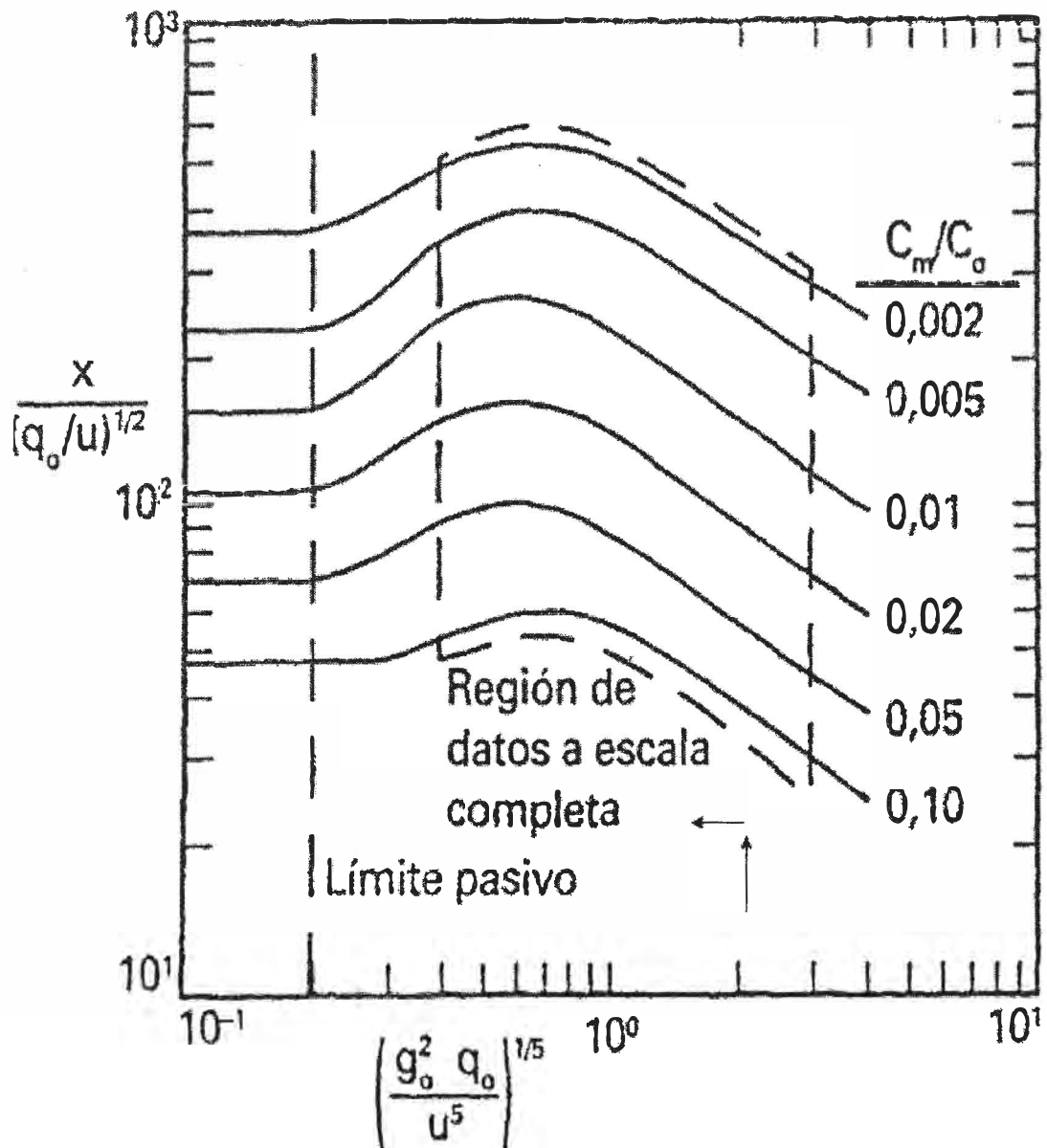


Figura N° IX-2. Para estimar concentraciones a sotavento debidas a emisión continua de gas denso, basada en correlación de Britter- McQuaid

9.4 Límites de Inflamabilidad

Para quemar un gas o vapor se requiere de una fuente de ignición, una mezcla llamada (ideal) entre el aire atmosférico (O_2) y el gas combustible. La cantidad de gas combustible necesaria para la quema, varía para cada producto y sus dimensiones y dependen de dos parámetros: el límite inferior de explosión (LIE) y el límite superior de explosión (LSE).

- El LIE, es la mínima concentración de gas que, mezclada con el aire atmosférico, puede provocar la combustión del producto a partir del contacto con una fuente de ignición. Las concentraciones de gas inferiores al LIE no son combustibles porque en esa condición hay un exceso de oxígeno y poca cantidad del producto para la quema, llamándose a esto (mezcla pobre).

- El LSE, es la máxima concentración de gas que, mezclada con el aire atmosférico, puede provocar la combustión del producto a partir del contacto con una fuente de ignición. Las concentraciones de gas superiores al LSE no son combustibles porque en esa condición hay un exceso del producto y poca cantidad de oxígeno para que se produzca la combustión, llamándose a esto (mezcla rica).

En resumen de todo lo expuesto anteriormente se muestra la tabla N° IX -1:

Tabla N° IX -1. Límites de Explosión de gases o vapores inflamables

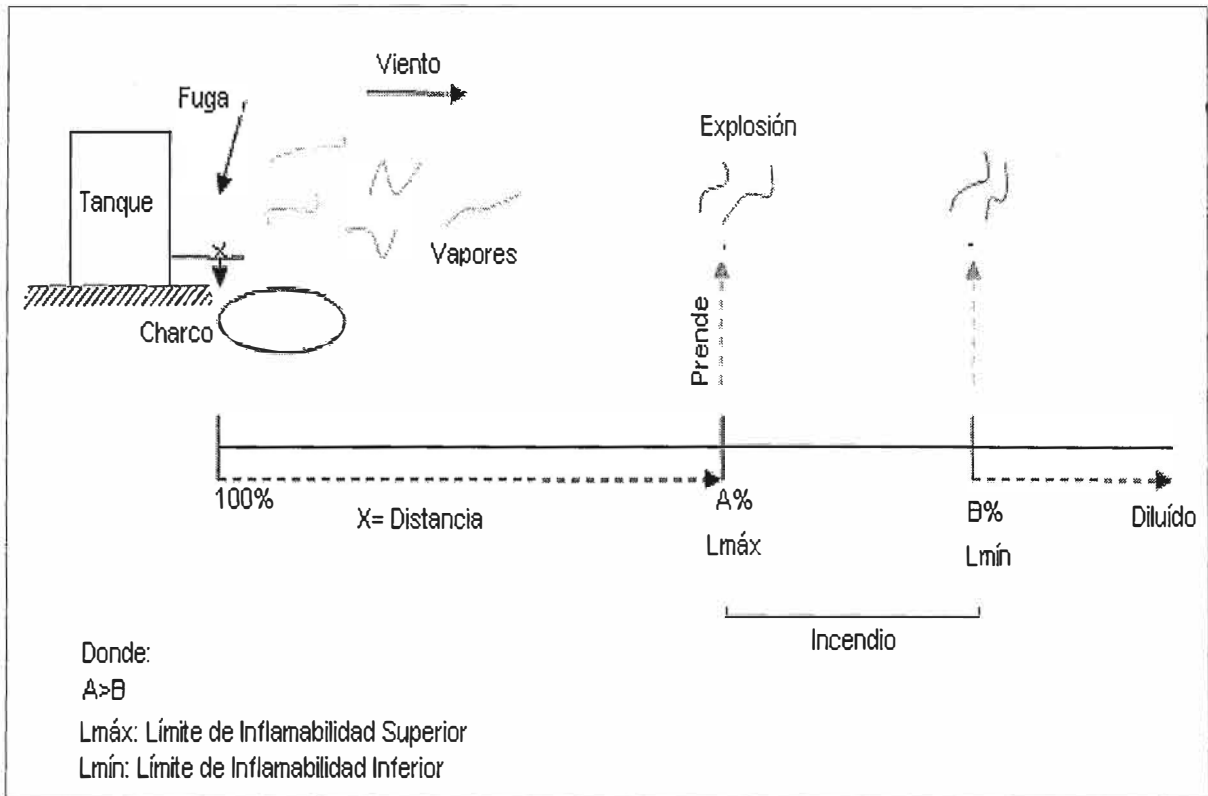
0%	LIE	LSE	100%
Concentración	MEZCLA POBRE		MEZCLA IDEAL		MEZCLA RICA	
(% en volumen)						
	no hay combustión		puede haber combustión		no hay combustión	

Fuente: www.cepis.org.pe/tutorial1/e/peliasoc/index.html

9.5 Aplicación de Modelo Britter McQuaid

En la figura N° IX-3 se producirá una fuga en un tanque de almacenamiento de productos petroquímicos como: tolueno, acetona, o xileno, hexano, Acetato de vinilo, Acrilato de Metilo, Metil isobutil cetona y Metacrilato de Etilo, originándose un charco de este producto inflamable, aquí los vapores van a hacer que este líquido alcance una cierta distancia ($X=m$) hasta que llegue al límite inflamabilidad superior (A%), siendo esta concentración de vapor el mas relevante porque hará que surja una primera explosión y en consecuencia un incendio.

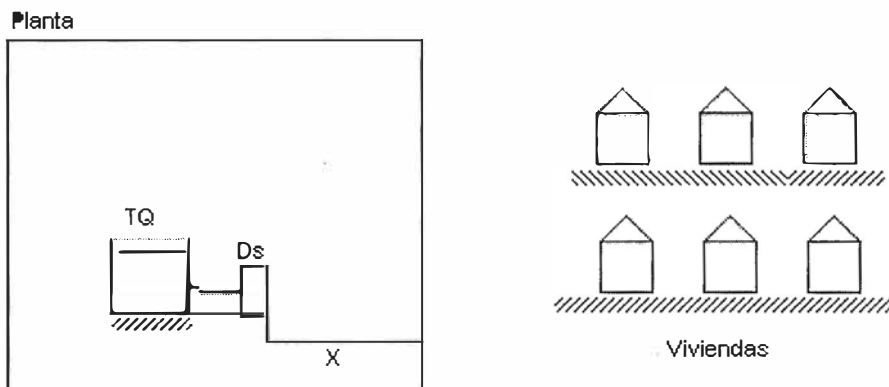
Figura N° IX-3. Derrame de un líquido inflamable en un tanque de almacenamiento



Para hallar esta distancia (x) se ha aplicado el modelo Britter McQuaid como anteriormente se ha explicado. Asimismo, se puede resaltar que este producto inflamable no debe pasar los límites de la planta de almacenamiento porque eso podría llegar a las viviendas más cercanas y causar un daño irreparable.

Para una mejor explicación mostraremos la figura N° IX- 4:

Figura N° IX-4. Distancia máxima en área de despacho de un producto inflamable



Donde:
 Tanque = TQ
 Despacho = Ds
 Distancia = X

En una planta de almacenamiento se tomará como ejemplo a una de las áreas más frecuentes en derrames como el área de despacho, donde se trasvasa un producto inflamable de un lado a otro. Aquí, esta distancia (x) no debe exceder de los límites de la planta, ni mucho menos llegar a las viviendas más cercanas.

Para aplicar el Modelo Britter McQuaid se ha tomado como referencia las siguientes velocidades de viento en distintos lugares de nuestra costa como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° IX -2.Velocidades de Viento

LUGAR	Viento Velocidad (km/h)	Viento Velocidad (m/s)
Lima promedio	20	5.56
Marcona	100	27.78
Talara	70	19.44
Bayovar	10	2.78

9.6 Resultados de cálculos

Para esto, detallaremos algunas de las propiedades físicas de los líquidos inflamables de Clase I estudiados en esta tesis como: Acetona, Tolueno, Acetato de Vinilo, Acrilato de Metilo, o- xileno, Hexano, Metilisobutilcetona y Metacrilato de Etilo. Como se muestra en la Tabla N° IX -3:

Tabla N° IX -3. Propiedades de Líquidos Inflamables

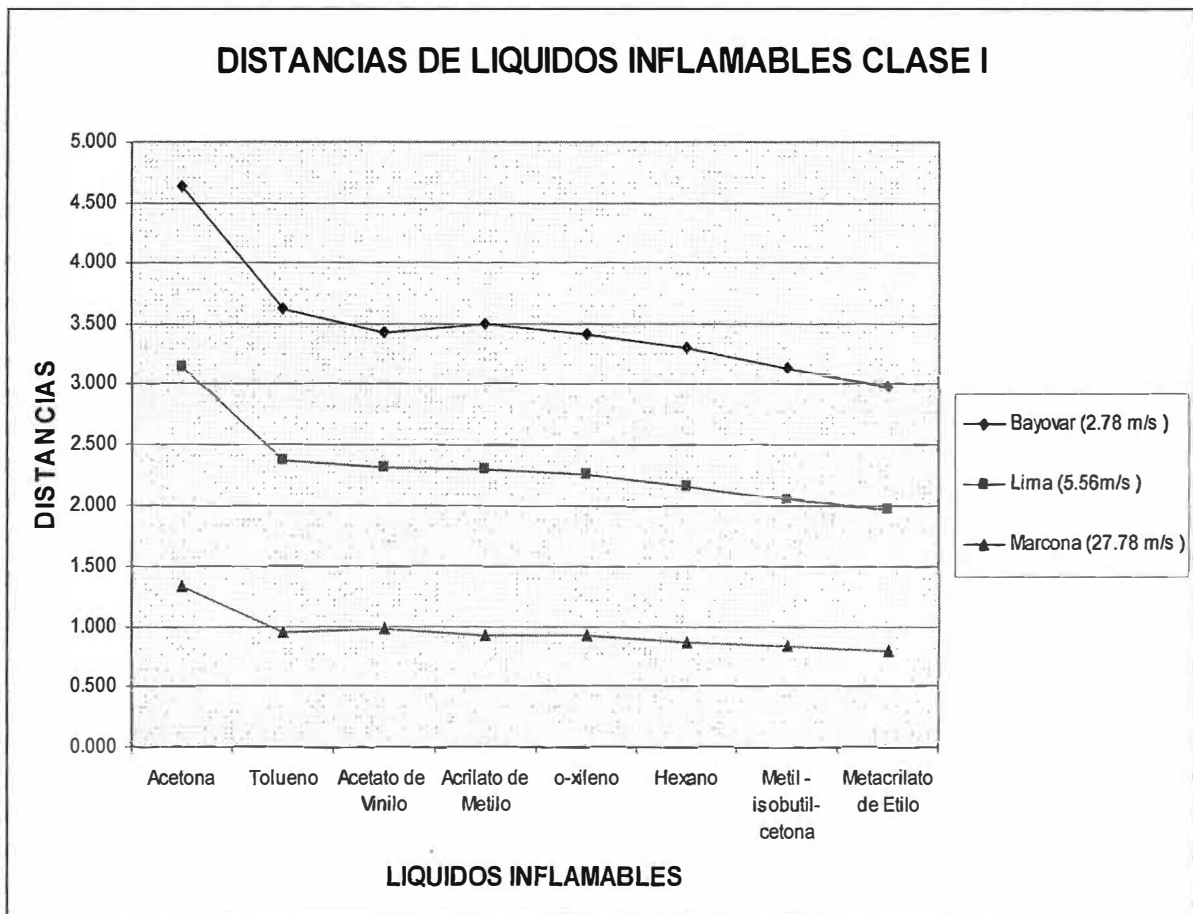
Líquidos Inflamables	Densidad Relativa de Vapor (aire=1)	Punto Ebullición (°C)	Límite de Inflamabilidad Inferior,% en volumen en aire
acetona	2.00	56	2.2
Tolueno	3.20	111	1.1
Acetato de Vinilo	3.00	72	2.6
Acrilato de Metilo	3.00	80	2.8
o-xileno	3.70	144	0.9
Hexano	3.00	69	1.1
Metil isobutil cetona	3.45	118	1.4
Metacrilato de Etilo	3.90	117	1.8

Fuente: Internacional Chemical Safety Cards

Cada uno de esos líquidos mencionados en la Tabla N° IX -3 ha sido sometido a las diferentes ecuaciones explicadas en el modelo Britter McQuaid y con velocidades de viento en diferentes lugares de nuestra costa como: Bayovar, Lima, y Marcona; y su vez, a un cierto volumen derramado, obteniéndose de esta manera una distancia promedió de acuerdo al lugar.

Tabla N° IX – 4. Distancias Promedios de líquidos inflamables

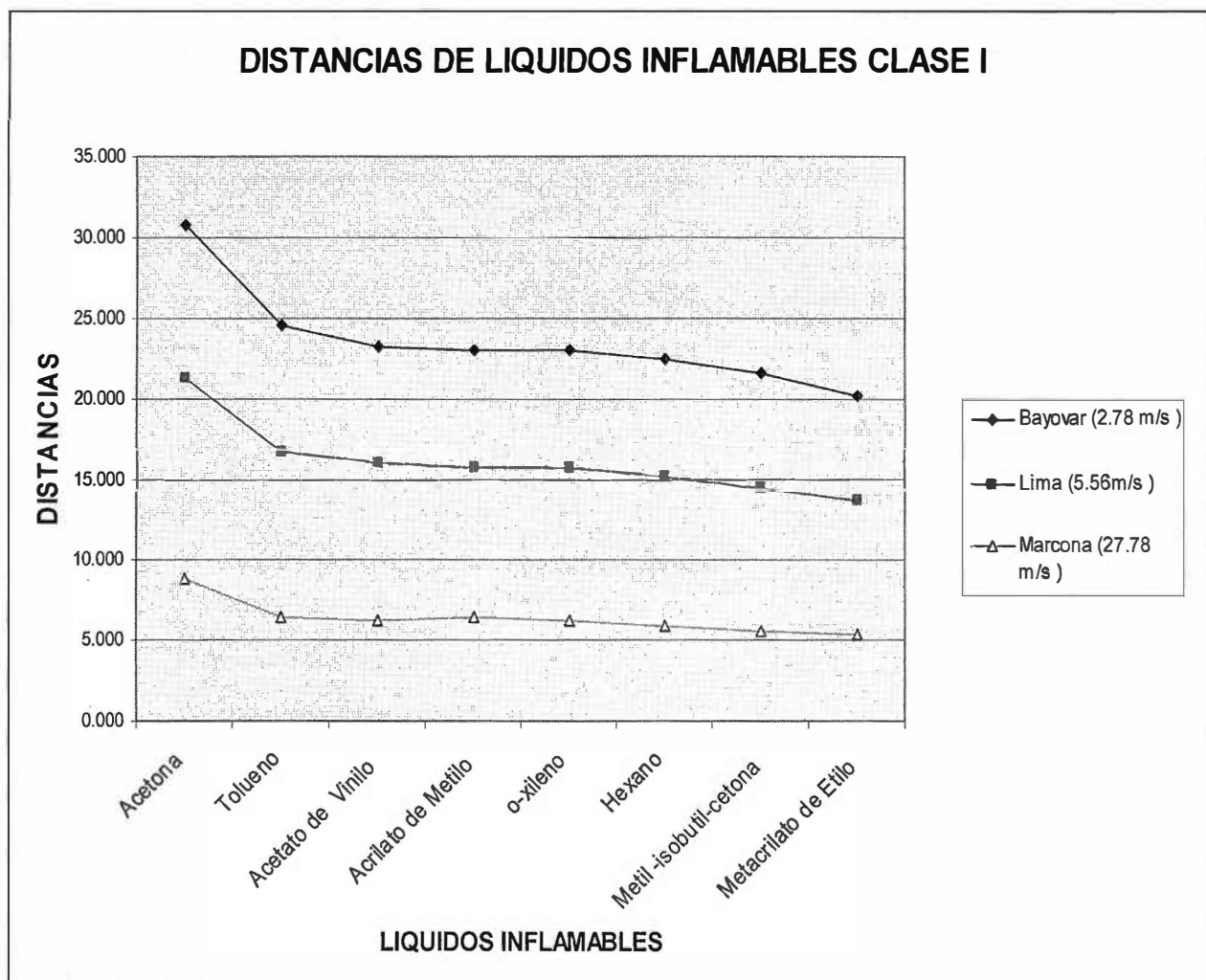
Lugar	Caudal Derramado (GPM)	Velocidad Viento (m/s)	Distancia Promedio (m)
Bayovar	1	2.78	3.50
Lima promedio	1	5.56	2.32
Marcona	1	27.78	0.96



Según este diagrama, la distancia mínima la obtendrá el metacrilato de Etilo y la de mayor distancia la tendrá la acetona ya sea en los diferentes lugares y a este tipo de volumen según la tabla N° IX - 4.

Tabla N° IX – 5. Distancias Promedios de líquidos inflamables

Lugar	Caudal Derramado (GPM)	Velocidad Viento (m/s)	Distancia Promedio (m)
Bayovar	42	2.78	23.61
Lima promedio	42	5.56	16.12
Marcona	42	27.78	6.36



En este diagrama se obtiene una distancia mínima para el metacrilato de Etilo, y la de mayor distancia para la acetona de acuerdo al caudal mencionado en la Tabla N° IX – 5.

Se tiene en cuenta que, las características del líquido son muy importantes es por eso, que se presentara las siguientes tablas N° IX - 6 y tablas N° IX - 7 donde se detallará el tipo de peligro para a una cierta exposición, medidas en el almacenamiento, derrames, fugas y prevención.

Tabla N° IX – 6: Tipos de peligros y prevenciones de Líquidos Inflamables

Líquido	Peligro de Exposición	Prevención	Peligro Químico
Acetona			La sustancia puede formar peróxidos explosivos en contacto con oxidantes fuertes tales como ácido nítrico y peróxido de hidrógeno. Ataca los plásticos. Reacciona con cloroformo y bromoformo en condiciones básicas.
Tolueno	Incendio: Altamente Inflamable. Explosión: Las mezclas vapor/ aire son explosivas	Incendio: Evitar las llamas. No producir chispas ni fumar.	Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.
Acrilato de Metilo		Explosión: Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión.	La sustancia puede polimerizarse debido al calentamiento suave o bajo la influencia de la luz.
Metil -isobutil-cetona		No utilizar aire comprimido para vaciar, llenar o manipular.	La sustancia puede formar peróxidos explosivos. Por combustión, formación de monóxido de carbono
Acetato de Vinilo	Incendio: Altamente Inflamable. Explosión: Las mezclas vapor/ aire son explosivas.	Evitar la generación de cargas electrostáticas (tolueno)	La sustancia puede polimerizar fácilmente debido al calentamiento suave o bajo la influencia de la luz o de peróxidos. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes
Hexano	Ambiental: peligrosa para el ambiente, en especial a los organismos acuáticos.		Reacciona con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.
Metacrilato de Etilo	Incendio: Altamente Inflamable. Explosión: Las mezclas vapor/ aire son explosivas	Incendio: Evitar las llamas. No producir chispas ni fumar. Explosión: No utilizar aire comprimido para vaciar, llenar o manipular	La sustancia puede polimerizar violentamente debido al calentamiento suave o bajo la influencia de la luz o de peróxidos. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes
o - Xileno	Incendio: Inflamable. Explosión: Por encima de 32° C puede formarse mezclas explosivas vapor/aire. Ambiental: Peligrosa para el ambiente, en especial a los peces y crustáceos.	Incendio: Evitar las llamas. No producir chispas ni fumar. Explosión: Por encima de 32° C: sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar exposición de Mujeres Embarazadas	Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.

Fuente: Internacional Chemical Safety Cards

Tabla N° IX – 7: Tipos de peligros y prevenciones de Líquidos Inflamables

Líquido	Derrames y fugas	Almacenamiento
Acetona	Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo alcantarillado. Ventilar	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes
Tolueno	Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo alcantarillado.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes
Acrilato de Metilo	Recoger el líquido procedente de una fuga en recipientes herméticos, eliminar el líquido derramado con agua abundante	A prueba de incendio. Mantener en la oscuridad. Separado de oxidantes fuertes
Metil -isobutil-cetona	En la medida de lo posible recoger el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Regar la zona con abundante agua.	Mantenerlo bien ventilado
Acetato de Vinilo	Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo alcantarillado.	Mantener en un lugar fresco, seco, oscuro y bien cerrado a prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Almacenar solamente si está estabilizado
Hexano	Consultar a un experto. En la medida de lo posible recoger el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo alcantarillado.	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco y bien cerrado. Separado de oxidantes fuertes.
Metacrilato de Etilo	Evacuar la zona de peligro. Ventilar. Consulte a un experto. En la medida de lo posible recoger el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro.	A prueba de incendio. Almacenar si está estabilizado. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar fresco y bien cerrado
o - Xileno	En la medida de lo posible recoger el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes

Fuente: Internacional Chemical Safety Cards

CAPITULO X TECNICA DE RIESGO

La seguridad en el trabajo es muy importante, es por eso que debe analizarse los riesgos de accidentes, detectando sus causas principales, y de esta manera estudiar la forma más adecuada para su reducción o su eliminación.

En la lucha contra los accidentes de trabajo se puede actuar de diferentes formas, dando lugar a distintas técnicas, dependiendo de la etapa o fase del accidente en que se actúe:

- Análisis del riesgo (estimación e identificación del riesgo)
- Valoración del riesgo
- Control del Riesgo

En el presente cuadro se señala las diferentes técnicas que se utilizaran en la seguridad, su evaluación de riesgo y su forma de actuación:

Tabla Nº X-1. Evaluación de Riesgo

Evaluación de Riesgo	Nombre de la Técnica		Forma de Actuación
Análisis del riesgo Valoración del riesgo	Técnicas Analíticas		No se puede evitar el accidente. Se puede identificar el peligro y valora el riesgo
Control del riesgo	Técnicas Operativas	Prevención	Se puede evitar el accidente al eliminar sus causas.
		Protección	No evitan el accidente. Se puede reducir o eliminar los daños.

10.1 Evaluación de Riesgos

De acuerdo en las “Directrices para la evaluación de Riesgo en el lugar de trabajo” elaborado por la Comisión Europea y editada por la Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo 1996, se entiende por evaluación de riesgos “El proceso de valoración del riesgo que entraña para la salud y seguridad de los trabajadores; la posibilidad de que se verifique un determinado peligro en el lugar de trabajo”.

Hay una gran importancia en identificar los peligros existentes en el lugar de trabajo y evaluar los riesgos asociados a ellos, a fin de poder determinar medidas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores. Para lograr esto, se tiene en cuenta una elección adecuada sobre los equipos de trabajo, el buen manejo de sustancias químicas, el acondicionamiento del lugar de trabajo y la organización de éste.

Para un mejor entendimiento de los componentes de peligro y riesgo se incluyen algunas definiciones:

Peligro.- Es el potencial inherente de una sustancia o actividad para dañar a las personas, a los bienes o al medio ambiente. Además, el peligro no incluye un componente de probabilidad.

Riesgo.- Es una medida de la pérdida económica o del daño humano tanto en probabilidad (frecuencia) del incidente como en la magnitud de la pérdida o daño (consecuencia o severidad). Así, riesgo implica una probabilidad de que ocurra algo.

Incidente.- Se trata de la pérdida de contención de una sustancia o energía, por ejemplo, una fuga de gas tóxico o inflamable.

10.2 FASES DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

Las cuales se pueden sintetizar en:

Análisis del Riesgo.- Trata sobre el desarrollo de estimaciones cuantitativas del riesgo que se basa en la evaluación ingenieril y en técnicas matemáticas que se combinan para dar estimaciones de frecuencias y de consecuencias para los incidentes. Este tipo de análisis comprende las fases de Identificación de peligros y de estimación de los riesgos.

Valoración del Riesgo.- Aquí permite enjuiciar si los riesgos detectados resultan tolerables.

10.2.1 ANALISIS DE RIESGOS

Identificación de los peligros

El peligro es la fuente de daño. Hay varios tipos de peligros que se pueden clasificar en: riesgos mecánicos, eléctricos, sustancias químicas o peligrosas, incendios, explosiones y otros. Se puede mencionar los siguientes:

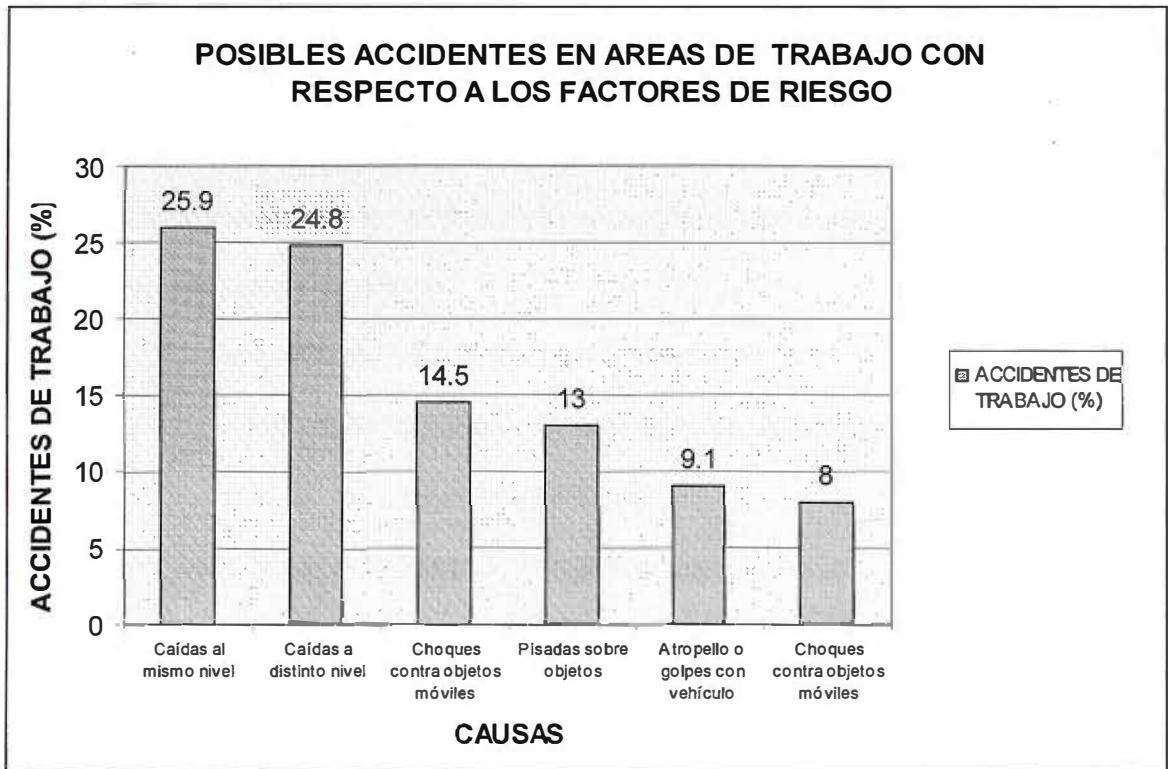
- a. Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
- b. Caídas de herramientas, materiales, etc. Desde una cierta altura.
- c. Golpes y cortes.
- d. Espacio inadecuado.
- e. Peligro asociado al manejo manual de cargas.
- f. Peligro en instalaciones y en las máquinas asociadas con la operación, montaje, consignación, mantenimiento, reparación, modificación y desmontaje.
- g. Sustancias que pueden inhalarse.
- h. Incendios y explosiones.
- i. Energías peligrosas (Ejemplo: Electricidad, radiaciones, ruido, vibraciones).
- j. Peligro de los vehículos, tanto del transporte interno como el transporte por carretera.
- k. Condiciones de iluminación inadecuadas.

Para un mejor entendimiento se muestra la Tabla N° X-2 y su gráfico, donde se observa las causas más comunes en un accidente de trabajo.

Tabla N° X-2: Las causas de los accidentes de trabajo

CAUSAS	ACCIDENTES DE TRABAJO (%)
Caídas al mismo nivel	25.9
Caídas a distinto nivel	24.8
Choques contra objetos móviles	14.5
Pisadas sobre objetos	13.0
Atropello o golpes con vehículo	9.1
Choques contra objetos móviles	8.0

Fuente: Seguridad e higiene del trabajo, José Cortés – año 2002



Estimación de Riesgo

Es un proceso donde los resultados de un análisis de riesgo se utilizan para tomar decisiones, ya sea de una manera ordenada de estrategias para la reducción de riesgos o para comparar con objetivos de riesgo.

Una vez que se identifique los peligros, se podrá estimar la magnitud del riesgo que provoca, teniendo en consideración el potencial de severidad en el daño que pueda causar (consecuencias) y la probabilidad de dicho daño se produzca.

Se debe tener en cuenta para la Severidad del daño lo siguiente:

Partes de cuerpo que se verían afectadas.

Alcance del daño, clasificándolo como ligeramente dañino, dañino y extremadamente dañino. Se menciona a continuación los siguientes ejemplos:

- Ligeramente dañino: magulladuras pequeñas, irritación de ojos por polvo, cortes superficiales, dolor de cabeza o malestar.
- Dañino: fracturas menores, laceraciones, asma, dermatitis,

sordera, quemaduras, etc.

- Extremadamente Dañino: intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, amputaciones, fracturas mayores, etc.
- La probabilidad de suceda el daño se puede graduar desde baja hasta alta, según el siguiente criterio:
 - Alta: el daño ocurra siempre o casi siempre.
 - Media: el daño pueda ocurrir en ciertas ocasiones.
 - Baja: el daño ocurra raras veces.

Se resumen en la tabla N° X-3 la probabilidad de que ocurra un daño con su respectiva severidad.

Tabla N° X-3. La probabilidad y severidad del daño

Probabilidad de que ocurra el Daño	Severidad de las Consecuencias
Alta (casi siempre o siempre)	Alta (extremadamente dañino)
Media (algunas veces)	Media (dañino)
Baja (raras veces)	Baja (ligeramente dañino)

Para el cálculo de la estimación del riesgo se tendría en cuenta lo siguiente:

La estimación del riesgo (R) será determinada por el producto de la probabilidad (P) de que un determinado riesgo produzca un cierto daño, y por la severidad de las consecuencias (C) que pueda producir dicho riesgo.

$$R = P \times C$$

Se menciona uno de los métodos cualitativos más utilizados por su simplicidad para estimar el riesgo es el RMPP (Risk Management and Prevention Program) que consiste en determinar la matriz de análisis de riesgos a partir de los valores asignados para la probabilidad y las consecuencias, de acuerdo a ciertos criterios. Entonces se procedió a dar la siguiente valoración y de esta manera poder obtener la matriz de análisis de riesgos según RMPP.

Probabilidad de Ocurrencia	3	6	9
	2	4	6
	1	2	3
	Severidad de las Consecuencias		

Entonces se puede decir que la estimación del riesgo (R) con respecto a la probabilidad de ocurrencia y la severidad según este método cualitativo a lo siguiente:
 $R < 4 \rightarrow$ Baja (sin riesgo); $R = 4 \rightarrow$ Media (límite); $R > 4 \rightarrow$ Alta (riesgo)

10.2.2 Valoración del riesgo

El valor obtenido en la estimación anterior permitirá establecer diferentes niveles de riesgo, como se determinó en la matriz de análisis de riesgo, permitiendo a partir de estos valores mejorar las medidas y controles de prevenciones existentes, o en todo caso implantar unos nuevos.

En la tabla N° X-4 se indican las acciones o medidas preventivas que van a controlar el riesgo, así como la temporización de las mismas.

Tabla N° X-4. Valoración del riesgo

R = 1	No tendrá que tomarse ninguna acción específica.
R= 2,3	Aquí se tiene que considerar soluciones o mejoras en caso se necesite una acción preventiva, pero que no represente una carga económica importante.
R = 4	Se debe implantar medidas para disminuir el riesgo en un determinado periodo. Se requieren de comprobaciones periódicas para asegurar de que se mantenga la eficacia de las medidas de control.
R = 6	No debe realizarse ningún trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. En caso que el riesgo corresponda a un trabajo que se esté realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos mencionados anteriormente.
R = 9	Aquí está prohibido comenzar, ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no fuese posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, tampoco podrán continuar con el trabajo.

Técnicas Analíticas

El objetivo se centra en el análisis y valoración de los riesgos.

Comprendiendo las inspecciones de seguridad que se basan en el análisis y valoración de los riesgos para su posterior corrección antes de los accidentes. Aquí el identificar los potenciales de situaciones de riesgo asociada a cada etapa del proceso de trabajo que resulta ser un punto importante, ya que para esto se pueda tabular, codificar y dar tratamiento a los datos obtenidos en los estudios de riesgo para poder obtener un conocimiento científico aproximado de las posibles causas de accidentes.

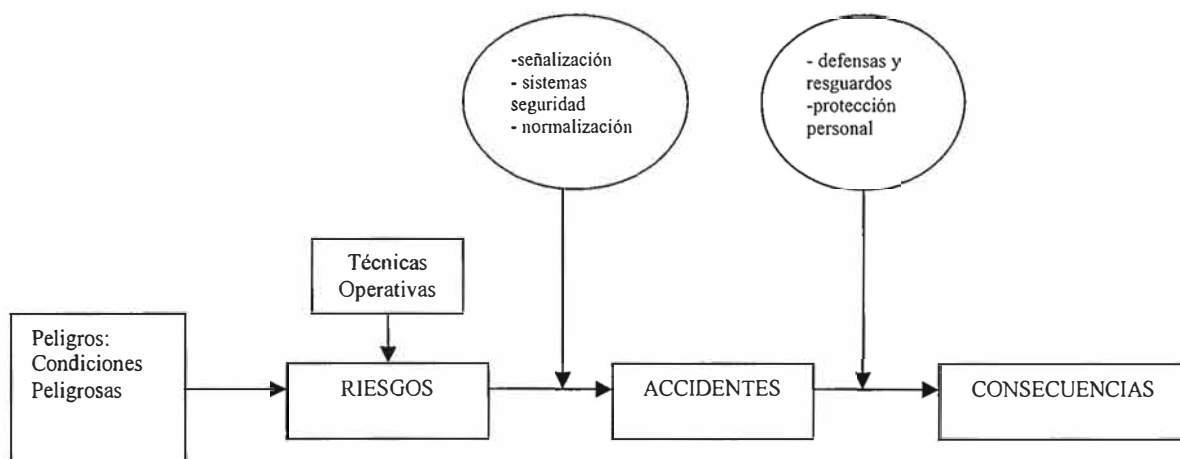
Técnicas Operativas

El objetivo de esta técnica es evitar los accidentes mediante la aplicación de técnicas preventivas o de protección, de esta manera se elimine las causas de los mismos o reduciendo sus efectos. A continuación mencionaremos algunas técnicas operativas e ilustradas en la figura N° X-1:

- El diseño y proyecto de instalaciones o equipos, es una técnica que se basa en la inclusión de la seguridad en el proyecto o planificación inicial de las instalaciones o equipos, tratando de adaptarse al trabajo del hombre y la supresión o disminución del riesgo.
- Estudio y mejora de métodos, se basa en la planificación, estudio y programación iniciales de los métodos de trabajo, buscando la eliminación de los posibles riesgos.
- Normalización, su finalidad es establecer métodos de actuación ante diferentes situaciones de riesgo, y se pueda evitar la adopción de soluciones improvisadas.
- Señalización, se tiene que descubrir situaciones de riesgos que puedan resultar peligrosas por el simple hecho de ser desconocidas.

- Mantenimiento preventivo, esta técnica tiene una importancia relevante ya que consiste en evitar las averías, y en caso de conseguir la eliminación, se podrán suprimir los riesgos de accidentes.
- Defensas y resguardos, consiste en obstáculos o barreras que impiden el acceso del hombre a la zona de riesgo.
- Protecciones individuales, esta técnica se debe utilizar como complemento a técnicas anteriores cuando el riesgo no se pueda ser eliminado, a fin de poder evitar lesiones o daños personales.
- Adiestramiento, es una técnica operativa sobre el individuo a fin de enseñarle las habilidades, destrezas, conocimientos y conductas que tiene que cumplir con el trabajo que se le asigne.

Figura N° X-1. Las técnicas de operativas



10.3 CONTROL DE RIESGOS

Después de que se haya identificado los peligros y evaluados los riesgos se pasa a la siguiente fase, el control de los mismos. Tiene mucho que ver la actuación en la aplicación de las técnicas operativas, que pretenden suprimir las causas o reducir los riesgos de accidentes y/o consecuencias derivadas de ellos. Por tal, las medidas de protección son los procedimientos, actuaciones y medios previstos con el fin de evitar

o atenuar las consecuencias inmediatas o diferidas para las personas, instalaciones o bienes materiales y medio ambiente que pueden ocasionar los accidentes graves. Esto quiere decir que con un sistema de protección trata de evitar la materialización de un peligro reduciendo la probabilidad del accidente lo que requiere determinar los medios materiales y humanos precisos para garantizar la prevención de riesgos y el control de emergencias.

El control de los riesgos se basa en la buena práctica y en la evaluación predictiva de riesgos. Para tener una buena práctica consistirá, esencialmente, en la utilización del diseño o proyecto, construcción y operación de normas y códigos internacionalmente aceptados, y por otra parte que las medidas adoptadas sean fiables en el sentido de no fallar cuando realmente se necesitan. Generalmente, cuanto antes se apliquen estas medidas el costo será menor, su aplicación más fácil y probablemente su eficacia será mayor y en consecuencia se aportará mayores beneficios a la seguridad. Estas medidas que deben plantearse con la redacción del proyecto y de tratar de no ocasionar una alteración al medio ambiente.

Se tiene en cuenta lo siguiente:

- Cambiar las condiciones de almacenamiento si no fuesen muy seguras para poder mantener la seguridad de sustancias peligrosas.
- Instalar sistemas de detección para conocer la existencia del riesgo tan pronto como sea posible y poder ejercitar las acciones de control y evitar su propagación.

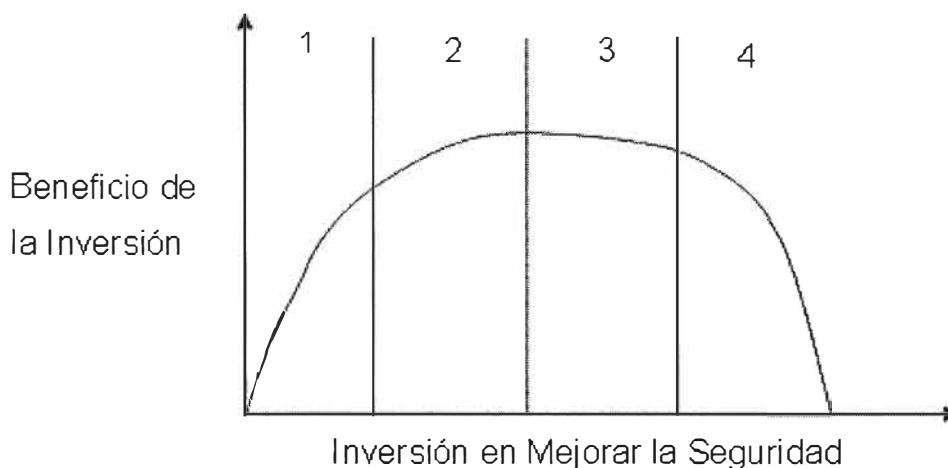
- Instalar sistemas de protección para mitigar las consecuencias, como son muros de choque, cubetos y sistemas de contención de fugas.
- Mejorar la operabilidad y seguridad del funcionamiento de la instalación como: presiones y temperaturas de diseño inertizaciones, diseño de tanques y otros equipos mantenimiento preventivo.
- Conocer al detalle el tipo de producto que se está manipulando en las diferentes operaciones y tener en cuenta el peligro que puede ocasionar éste en caso de producirse un derrame.

CAPITULO XI RENTABILIDAD DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

Hay que tener en cuenta que los recursos económicos en cualquier actividad son limitados y, el análisis de riesgos sería una herramienta muy valiosa en la toma de decisiones en cuanto al destino de los fondos disponibles para inversiones en seguridad.

En la industria, los accidentes tienen un costo económico, incluso, si no hubiese riesgo para la vida o para la salud de las personas; esto conlleva a tener un cierto nivel de seguridad, lo cual se justificaría simplemente aplicando criterios de rentabilidad.

Figura1. Diagrama de beneficios de las Inversiones en reducción del riesgo de Accidentes



Fuente: Fundación MAPFRE, 1994

De la Figura 1, en el Diagrama de las Inversiones en Reducción del Riesgo de accidentes, se puede evaluar la relación existente entre el beneficio de la Inversión vs. La Inversión en mejorar la Seguridad, de acuerdo a lo siguiente:

En la zona 1, con una inversión pequeña se puede conseguir beneficios importantes, obteniéndose una alta rentabilidad económica capaz de competir ventajosamente con otras inversiones posibles.

En la zona 2, la inversión continúa siendo provechosa, probablemente no se podría justificar tal inversión frente a otras de mayor rentabilidad aduciendo razones únicamente económicas. Sin embargo, es en esta zona donde las empresas industriales invierten más. Además, la elección de esto se debe a otras razones de difícil o imposible cuantificación (como, las éticas, la imagen de la empresa, etc.), pero que tienen una gran relevancia para tales empresas.

En la zona 3, en esta zona se aconseja seguir invirtiendo en seguridad, aunque la inversión deje de tener una rentabilidad aceptable.

En la zona 4, al incrementar el nivel de inversión a partir de la zona 3, entramos a la zona 4, lo que implica dejar de ser competitivos en la industria del sector. En caso de que la empresa es tal que su inversión en seguridad es de esa magnitud, la opción es el cese de la actividad industrial. Por ello, cualquier decisión que se tome acerca de las características que tendría una instalación determinada, se tendrá que realizar un análisis de riesgo.

El análisis de riesgos aplicado a una industria existente ayuda a identificar y delimitar las distintas zonas que aparecen en la figura 1, y a tomar las decisiones correspondientes. Sin embargo, su mayor potencial se centra en la aplicación a plantas aún no construidas. Cuanto antes se identifiquen los posibles peligros de una instalación, más oportunidades habrán de cambiar la ruta de reacción, las condiciones de proceso o el tipo de equipo a utilizar de manera que se disminuya la posibilidad de accidente, o en caso contrario que, de producirse, sus efectos queden mitigados.

En caso de implementar como seguridad intrínseca al proceso habrá que añadirse como seguridad extrínseca a los equipos, alarmas, controles, procedimientos de seguridad, etc., en consecuencia la inversión sufrirá un aumento. A medida que se pase de la definición y desarrollo del proceso a las etapas de diseño y construcción va

existir la posibilidad de seguridad extrínseca, pero las oportunidades de seleccionar condiciones que se incrementen la seguridad intrínseca van a disminuir. Por esta razón, es necesario el realizar un análisis básico de riesgos en etapas muy tempranas del diseño del proceso que, se tendría que ir sofisticando a medida que se defina con mejor precisión.

11.1 Daños económicos

Presenta gran dificultad el tener un conocimiento del valor económico de los bienes destruidos en incendios. Se debe tener en cuenta que existen algunas variaciones según el PIB de los diferentes países, de acuerdo a los valores indemnizados por las compañías de seguros internacionales. Sin embargo, los daños ocasionados en actividades agrícola, viviendas, bienes públicos y otros que no estén asegurados, serán una incógnita que relativiza las siguientes magnitudes según la Tabla N° XI.

Las estimaciones de pérdidas económicas directas producidas por los incendios en diversos países están contenidas en la siguiente tabla XI- 1 del año1992.

Tabla N° XI-1 Pérdidas Económicas Directas en una selección de Países

Países	Producto Interior Bruto (PIB-1992)
Alemania	0.20
Canadá	0.23
España	0.12
Estados Unidos	0.15
Francia	0.23
Reino Unido	0.19

Fuente: Fundación MAPFRE, 1994

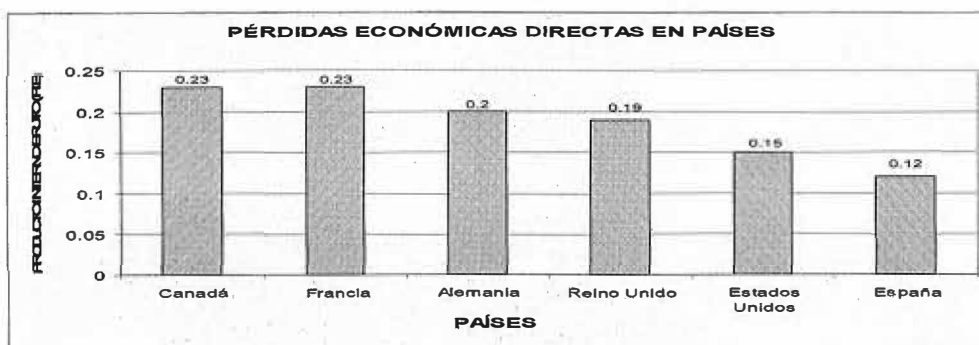


Figura N° XI-1: Pérdidas económicas en diferentes países vs. PIB

De la figura N° 1 se observa que el país que presenta menos pérdidas económicas con respecto a su producto bruto interno fue España, y entre los países que tuvieron gran impacto en su economía fueron Francia y Canadá.

Asimismo, hay daños indirectos, producidos por consecuencias del incendio, los cuales resultan aún más difíciles de calcular, y tienen apreciaciones muy dispares, desde la cuarta parte hasta varias veces el valor del mismo daño directo.

Se destaca el gran interés en aumentar las inversiones y gastos en medidas de protección, que representen las mejoras profesionales, lo que redundará en la disminución de las pérdidas que se podrían esperar, y no se debe olvidar que entre ellas están las vidas humanas.

Se tiene en cuenta que el principal e invaluable repercusión de los incendios y explosiones la constituyen los daños humanos, tiene que evitarse en todos los casos y con preferencia en situaciones donde produzcan muertes en forma masiva. En tal sentido, se tratan en esta aproximación a la seguridad contra incendios como los grandes incendios u explosiones con más de 20 víctimas mortales ocurridos en el siglo XX.

En la tabla N° XI – 2 se muestra las Pérdidas de Materiales en Siniestros en empresas, y se refiere al tipo de accidente en el año 1993.

Tabla N° XI – 2. Pérdidas de materiales en siniestros en empresas (1993)

Accidente	Número Siniestros / año	Valor Promedio (M)	Orden por valor Promedio
Incendio	1.154	33.6	4°
Viento	762	11.3	9°
Daños eléctricos	489	19.7	7°
Robo	445	6	15°
Rotura de Máquina	411	31.2	6°
Fuga Rociadores	365	6.8	13°
Escape de Líquidos	362	7.9	12°
Daños por agua	292	8	11°
Rayo	287	3.5	17°
Daños calderas	280	33.5	5°
Interrupción servicio	218	9.9	10°
Conmoción civil	116	5.7	16°
Explosión	115	77.3	1°
Colapso	100	43.4	3°
Terremoto	86	6.3	14°
Aguas superficiales	66	16.3	8°
Inundación	45	47.8	2°

Fuente: Factory Mutual, 1993

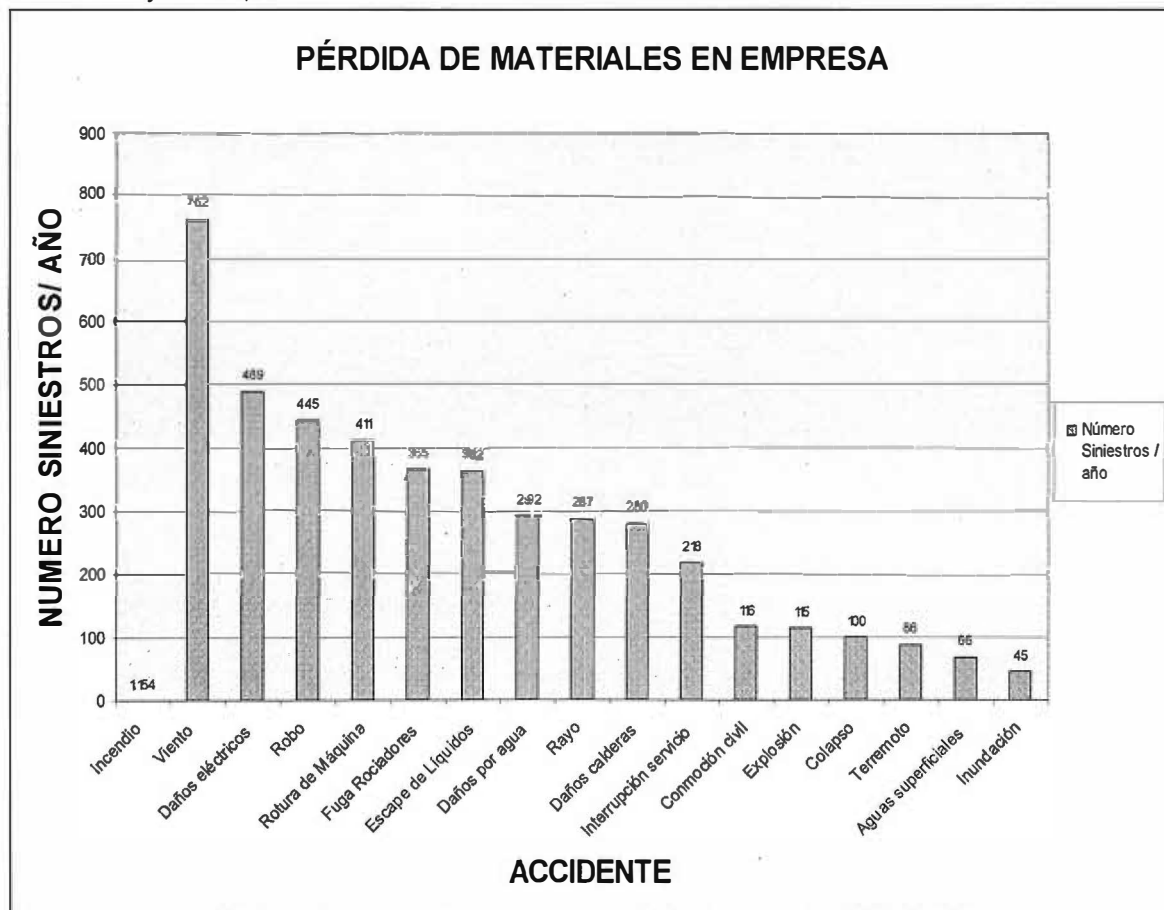


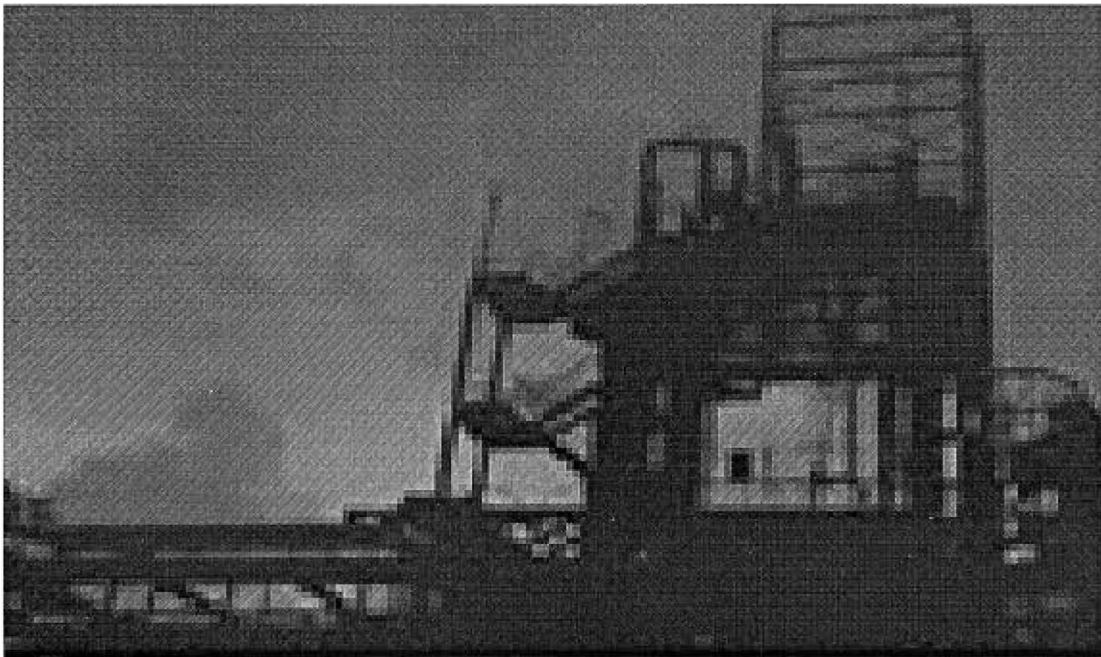
Figura N° XI-2: Pérdidas de materiales vs. Número de siniestros.

Como se observa en la tabla N° II - 2 y figura 2 presentado anteriormente las pérdidas de materiales pueden ser causados por distintos tipos de accidentes como: explosión, incendios, daños eléctricos y entre otros.

En esa tabla el tipo de accidente que más daño causó fue el de tipo explosión y fue el que más pérdidas causó a las empresas en el año 1993.

Para poder ilustrar este tipo de desastre fue el que se vivió en el accidente de Bhopal en India en 1984 y lo que quedó después de esa devastadora explosión (figura N° XI-3).

Figura N° XI -3. Después del Accidente Bhopal-India (1984)



Fuente: Greenpeace Argentina

11.2 Cuantificación del nivel de riesgo

Es imposible la eliminación total del riesgo para decidir si el riesgo es o no aceptable, se requiere estimar de alguna forma su magnitud, esto implica un análisis previo. El analizar riesgos significa desarrollar una estimación cuantitativa del nivel de peligro potencial de una actividad, referida tanto a personas como a bienes materiales, en términos de la magnitud del daño y la probabilidad de que tenga lugar. Para esto, tendría que ver los resultados del análisis de riesgos que se utilicen en la toma de

decisiones (“gerencia o administración de riesgos”), ya sea mediante la jerarquización de las estrategias de reducción de riesgos o mediante la comparación con los niveles de riesgos fijados como objetivo de una determinada actividad.

Los elementos principales de un programa de administración de riesgos son:

- Identificación de peligros
- Análisis de consecuencias
- Evaluación del riesgo
- Entrenamiento de los trabajadores
- Control del diseño de modificaciones
- Procedimiento de operación
- Procedimiento de mantenimiento
- Investigación de accidentes / incidentes.
- Auditorias de seguridad
- Registro y archivo
- Planes de Emergencia.

El análisis de riesgos permite, dentro de los niveles de incertidumbre asociados a cada tipo de análisis empleado y a los datos disponibles, cuantificar el potencial de accidentes existentes en una determinada instalación o proceso, y, en el supuesto caso que se considere demasiado elevado, tenga que comparar con las distintas alternativas de solución. Además, cada una de ellas implica un costo económico diferente, que también tiene que tenerse en cuenta en la decisión final.

CAPITULO XII PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE RIESGOS

En este capítulo debe tenerse en cuenta los diversos métodos de control de incendios usados para evitar o mitigar las pérdidas por incendio o explosión en los tanques de almacenaje de una instalación. Para esto, se cita algunos puntos para un mejor entendimiento de una explosión o incendio.

12.1 Explosiones de líquidos inflamables

La explosión de un líquido inflamable es una combustión muy rápida de vapor. La explosión de combustión se produce cuando una mezcla de vapor inflamable, calor, chispa y aire entrar en ignición dentro de los límites de explosividad. La presión que se desarrolla que no es liberada puede alcanzar seis o siete veces la presión absoluta inicial. Por lo general en recintos cerrados, el mayor peligro de explosión se da a nivel próximo al suelo, ya que los vapores inflamables suelen ser más pesados que el aire.

Es difícil evitar una explosión por ignición diferida de vapores no confinados y que se haya producido por una emisión accidental. El mejor procedimiento de protección contra una explosión de este tipo es tener una tubería segura para protegerse frente a explosiones. Por otro lado, válvulas que se han abierto por error y que han causado enormes emisiones de hidrocarburos han dado lugar a explosiones con gran número de fallecidos.

Hay métodos para concentración de líquidos inflamables derramados:

- a. El método tradicional permite que las fugas se acumulen alrededor del tanque.

Si hubiese fuego, el tanque estará expuesto a las llamas, que tendrán que

- b. alimentarse con combustible procedente del propio tanque y serán difíciles de controlar (Fig. a)
- c. En este método, las fugas se dirigen lejos del tanque. En caso de que haya fuego, el tanque estará apantallado con respecto a la mayoría de las llamas y el incendio se apagaría más fácilmente (Fig. b)

Figura a.

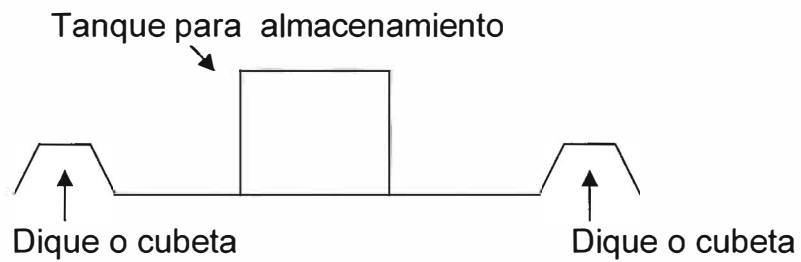
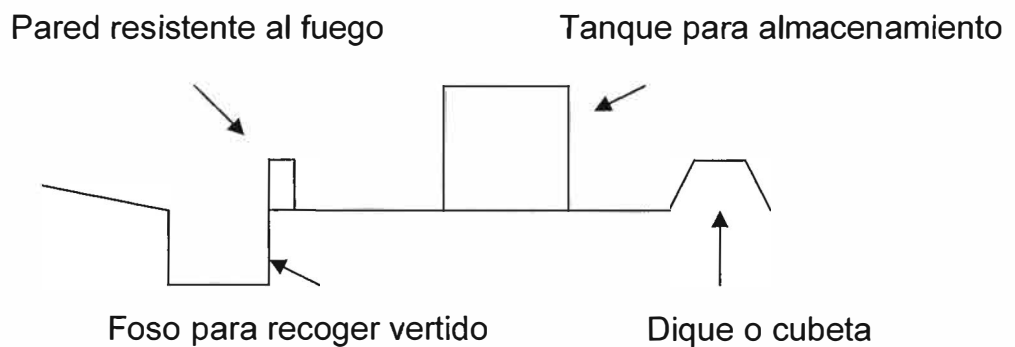


Figura b.



Fuente: Advances in chemical Engineering, San Diego, 1990

Las instalaciones de tanques de almacenaje deben tener prevención y control de incendios para seguridad de la vida, para minimizar las pérdidas de propiedad y para reducir la exposición al fuego de las propiedades adyacentes que resultan de un incendio o explosión.

Para eso hay que tener en consideración ciertos requerimientos y se nombra los puntos peligrosos de los líquidos inflamables para evitar posibles incendios como por ejemplo:

Líquidos entran en ignición fácilmente y son difíciles de extinguir.

Pueden arder con rapidez

Los vapores forman mezclas explosivas con el aire.

Los contenedores carecen de válvula u otro sistema de alivio pueden reventar con violencia explosiva al ser expuestos al fuego.

Ciertos líquidos inflamables arden al tener contacto con la atmósfera en ausencia de fuentes de ignición.

Otros pueden ser susceptibles al calentamiento espontáneo, y llegan a reaccionar violentamente con otros materiales, incluso con el agua.

Para evitar la ignición de los vapores inflamables que podrían emitir se deben adoptar ciertas precauciones con los tipos de fuentes de ignición como:

1. Superficies calientes
2. Llamas abiertas
3. Calor radiante
4. Fumar
5. soldadura y corte
6. Ignición espontánea
7. Calor o chispas por fricción
8. Electricidad estática
9. Rayos, chispas eléctricas
10. Corrientes extraviadas
11. Hornos, y equipo calorífico.

Los líquidos inflamables, a causa de su gran peligrosidad y de su uso tan extendido, están involucrados en el 15%, aproximadamente en incendios y explosiones ocurridos en plantas petroquímicas.

La peligrosidad del incendio de un líquido inflamable cuando se encuentra almacenado o en proceso depende de las siguientes circunstancias:

- La posibilidad de fuga o rebose.
- La cantidad involucrada.
- El punto de Inflamación.
- Si se encuentra en contacto con la atmósfera o confinado en un recipiente o tubería.
- La situación respecto a los edificios principales.
- Los equipos que se emplean.
- Las diversas fuentes de Ignición.
- La protección existente.
- El tipo de construcción del edificio

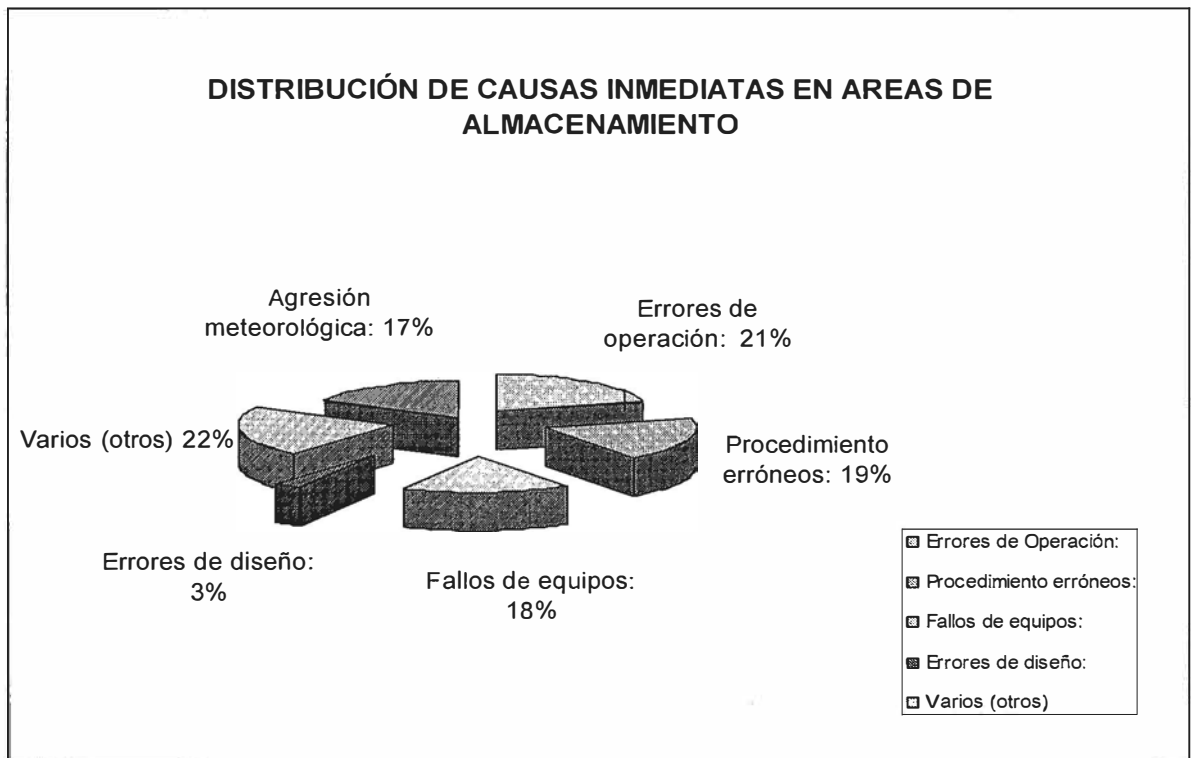
Por otro lado, se puede agregar algunas causas de incidentes en el área de almacenamiento como los errores de operación, siendo éste el más alto ya sea en operación como en mantenimiento como se muestra en la Tabla N° X II- 1 y figura N° XII-1:

Tabla Nº X II- 1. Distribución de causas de incidente en áreas de almacenamiento

Causa inmediatas	Campo de prevención
a) Errores de operación: 21% * 3/4 en operación * 1/4 en mantenimiento	Seguridad en las operaciones Información Adiestramiento Motivación
Procedimiento erróneos: 19%	Seguridad en diseño Normas y manuales Actualización
Fallos de equipos: 18%	Seguridad mantenimiento Seguridad en las operaciones Operación conforme al diseño
Errores de diseño: 3%	Seguridad en diseño Reglamento, códigos y normas revisión y actualización
Varias desconocidas: 22%	Investigación para resignar si es posible
Agresión meteorológica: 17% (predomina la caída de rayos)	Puesta a tierra del equipo pararrayos

Fuente: Manual de seguridad en plantas Químicas y petroleras. J.M. Storch.

Figura Nº XII- 1: Distribución de causas de Accidente en el Almacenamiento



12.2 Formas para Prevenir Explosiones en Tanques de Almacenamiento

- Se puede utilizar tanques de techo flotante o inertizar los tanques con nitrógeno.
- El uso de aditivos antiestáticos incrementan la conductividad del líquido donde la carga puede derivarse rápidamente a tierra. Asimismo, tiene que asegurarse los equipos que estén puestos a tierra y los aditivos que no se depositen en los catalizadores o interfieran en los procesos químicos.
- Una forma de minimizar la formación de electricidad estática es manteniendo ritmos de bombeo bajos y de esta manera se pueda evitar salpicaduras.

En caso de darse en mantenimiento en tanques se tiene en cuenta lo siguiente:

- Antes de cortar o soldar en tanques de techos flotantes, las columnas deben ser limpiadas a profundidad con agua desde el techo. En otros tanques, los fondos de las columnas están sellados, por lo que se deberán hacer agujeros para que se pueda lavar con agua a chorro.
- La gran parte de los incendios en tanques de techo flotante son pequeños incendios en el borde, estos son causados por pérdidas de vapor a través de los sellos. A veces la fuente de ignición suele ser a menudo la electricidad atmosférica. Estos incendios pueden ser eliminados colocándose cintas de metal cada metro o alrededor del borde, de esta manera se puede unir el techo y las paredes del tanque a tierra.
- A veces el techo flotante puede encontrarse dentro de un techo fijo. En muchos casos se puede reducir la concentración de vapor por debajo del nivel inferior de explosividad en la zona de vapor o gas del tanque. Pero en otras ocasiones puede aumentar el peligro, debido a que el vapor que antes estaba

con una concentración por encima del nivel superior de explosividad, pueda encontrarse en una concentración dentro del intervalo de explosividad.

La mayoría de los grandes techos flotantes se hacen de una sola plancha de acero, excepto alrededor de sus borde donde se sitúan los pontones huecos que le permiten flotar. Sin embargo, la plancha de acero puede que se agriete y pueda haber una fuga. Para esto pueda ser cubierta rápidamente con espuma y retirada tan pronto como sea posible.

12.3 Medidas de prevención complementarias

Al emplear un producto petroquímico y químico (o un conjunto de los mismos) presenta un peligro potencial que puede desencadenar daños durante su transporte, descarga, almacenamiento o uso, ocasionando consecuencias graves en las personas, el medio ambiente y en las instalaciones de la planta industrial. Con el fin de evitar o atenuar las consecuencias de estos peligros, se deberá desarrollar:

A. Sistemas de protección y mitigación

Estos comprenden medidas de protección activa y pasiva adecuadas para defensa contra incendios y que pueden ser de dos tipos:

a. Pasivas (reducen la magnitud de las consecuencias)

- Distancias mínimas entre tanques e instalaciones.
- Muros de contención de derrames
- Medios para la conducción de derrames
- Muros protectores.
- Aislamiento térmico e ignifugación.
- Ventilación

- Vías de acceso y escape.
- Inertización de espacios cerrados.

b. Activas (dispositivos de seguridad que se activan automáticamente o manualmente)

- Protección e instalación para la lucha contra incendios.
- Cortinas de agua, pulverizadores.
- Válvulas de seccionamiento.

B. Métodos de protección pasiva

La determinación de distancias mínimas se dará de la siguiente manera entre:

- tanques y recipientes de almacenamiento
- tanques de almacenamiento y las distintas unidades de proceso u otras instalaciones de la planta.
- fuentes de peligro y personas (personal de planta, personal de oficinas y edificios de la administración y población aledaña)

Se debe a los efectos drásticos de un incendio, explosión y emisión tóxica y/o inflamable que disminuyen con el cuadrado de la distancia. Una vez ocurrido un accidente, ya sea químico o mecánico, las concentraciones tóxicas y/o inflamables, las radiaciones térmicas, sobrepresiones y/o proyección de restos de materiales o sustancias peligrosas, se transmiten o proyectan en todo el espacio que rodea a la zona del incidente y pueden extenderse en el peor de los casos hacia zonas aledañas a la planta industrial como en efecto dominó.

Las consecuencias de estos accidentes son catastróficas si no se respetan las mínimas distancias, debidamente calculadas y estipuladas en normas reconocidas, entre las facilidades de la planta, que permiten la atenuación de los efectos dañinos.

Distancias mínimas establecidas por NFPA 230 "Fire Protection handbook"

- Ante fuego localizado (para evitar su propagación): 15 m
- Entre un riesgo de explosión y otro incendio: 30 m
- Entre dos riesgos de explosión: 46 m
- Desde fuego abierto hasta zonas con vapores inflamables: 180 m

Tabla N° XII - 2. Distancias recomendadas entre unidades para plantas químicas y petroleras según Industrial Risk Insurers (IRI)

Edificios para servicios generales	1	/																		
Centros para control de motores y subestaciones eléctricas	2	/	/																	
Áreas para servicios de procesos	3	50	50	/																
Torres para enfriamiento	4	50	50	100	50															
Salas de control	5	/	/	100	100	/														
Salas de compresores	6	100	100	100	100	100	30													
Salas grandes de bombas	7	100	100	100	100	100	30	30												
Unidades de procesos con riesgo moderado	8	100	100	100	100	100	30	30	50											
Unidades de procesos con riesgo medio	9	200	100	100	100	200	50	50	100	100										
Unidades de procesos con riesgo alto	10	400	200	200	200	300	100	100	200	200	200									
Tanques para almacenamiento atmosférico	11	250	250	250	250	250	250	250	300	350	*									
Tanques de almacenamiento a presión	12	350	350	350	350	350	350	350	350	350	*	*								
Tanques para almacenamiento refrigerado	13	350	350	350	350	350	350	350	350	350	*	*	*							
Antorchas	14	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	400	400	/					
Marquesinas para carga y descarga	15	200	200	300	200	200	200	200	200	300	300	250	350	350	300	50				
Bombas para agua DCI	16	50	50	50	50	50	200	200	200	300	300	350	350	350	300	200	/			
Estaciones para DCI	17	50	50	50	50	50	200	200	200	200	300	350	350	350	300	200	/	/		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		

Distancias mínimas en pies: 1 pies = 0,305 m. Ejemplo: ¹ 350 pies entre un tanque de almacenamiento a presión y unidades de proceso con riesgo alto

Tabla N° XII -3. Distancias recomendadas entre tanques de almacenamiento en plantas químicas petroleras según IRI

Tanques de techo flotante o fijo <477 m ³	1	0,5 . D*								
Tanques de techo flotante o fijo entre 477 y 1590 m ³	2	0,5 . D	0,5 . D							
Tanques de techo flotante entre 1590 y 47700 m ³	3	1 x D	1 x D	1 x D						
Tanques de techo flotante >47700 m ³	4	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D					
Tanques de techo fijo para productos de clases II y III entre 1590 y 47700 m ³	5	0,5 . D	0,5 . D	1 x D	1 x D	0,5 . D				
Tanques de techo fijo para productos de clases I**inertizados entre 1590 y 23850 m ³	6	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D			
Recipientes para almacenamiento a presión (esferas y esferoides).	7	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	2 x D	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN		
Recipientes para almacenamiento a presión (depósitos y buros)	8	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	2 x D	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	1 x D 100' MIN	1 x D	
Tanques para almacenamiento refrigerado (con cúpula)	9	2 x D 100' MIN	2 x D 100' MIN	2 x D 100' MIN	2 x D	2 x D 100' MIN	2 x D 100' MIN	1 x D 100' MIN	1 x D 100' MIN	1 x D 100' MIN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Distancias mínimas en pies: 1 pies = 0,305 m. D = diámetro del tanque mayor

1 barril = 42 galones = 159 litros y °C = (°F-32) x 0,555

Observaciones: * Para productos de clases II y III, 5 pies es aceptable y ** O para productos de clases II o a temperaturas >200 ° F.

En las tablas XII-2 y XII-3 con sus recomendaciones van a ser importantes ya sea por la marcada influencia en el diseño de la planta. Sus exigencias se impondrán en el proyecto con ciertas limitaciones, las que harán trabajar a la hora de optimizar este diseño.

12.4 Medidas para evitar derrames

Este tipo de medidas son de acuerdo al Decreto Supremo 043-2007- EM para cualquier derrame de hidrocarburos.

- Los lugares donde se almacenan líquidos inflamables, tóxicos u otros, y donde se puedan producirse derrames o fugas deberá contarse con lampas y cilindros con arena para su control.
- Cuando se manipule productos químicos, deberán mantenerse equipos y productos para el control de derrames o ya sea fugas.
- Las áreas de trabajo tendrán que estar limpias y ordenadas, en caso de que suceda cualquier derrame de hidrocarburos ya sea productos derivados o productos químicos tendrá que limpiarse inmediatamente y anotarse en el registro de Emergencias que corresponda.
- Tendrá que disponerse de una Cartilla de Seguridad de Material Peligroso (CSMP) ó llamado Hojas de Datos de Seguridad (MSDS) para un manejo adecuado de un derrame o fuga de los productos.

La concentración de gases o vapores combustibles o explosivos en el aire se mide en explosímetros. No se podrá realizar ningún trabajo en caliente si no se comprueba la condición 0% (cero por ciento) gases y/o vapores combustibles o explosivos. Por tal razón, si la lectura fuese positiva en el explosímetro, no se efectuará ningún trabajo antes de averiguar el origen de los gases y que sean tomadas las medidas correctivas, para que se puedan otorgar los permisos de trabajo.

12.5 Inspección en tanques

Para evitar las fugas en distintas áreas se tendría que tomar en cuenta tanto las inspecciones externas como interiores al tanque.

Inspección Externa E/S - equipos auxiliares.

- Sistema de Contra Incendio: malla y vidrio de cámaras.
- Muros de contención: por deterioro, falla de impermeabilización.
- Conexión a tierra: por desconexión de alambre.
- Respiraderos: por obstrucción de mallas.
- Válvulas y accesorios: por fugas.

Inspección externa E/S - Cilindro

- Fallas de pintura: presencia de picaduras (Fig. N° XII-2)
- Superficie enterrada: corrosión por estancamiento.
- Falla por fragilización Producto: soda, en conexiones, válvulas de presión y vacío, válvulas de seguridad y otros.
- Presencia de fugas, fracturas, deformaciones, etc. Fácilmente determinadas.
- Asentamiento de tanque: por vientos, sismos, falla del terreno.
- Juntas soldadas o remachadas: fugas.

Figura N° XII-2. Método de protección de una placa de cilindro

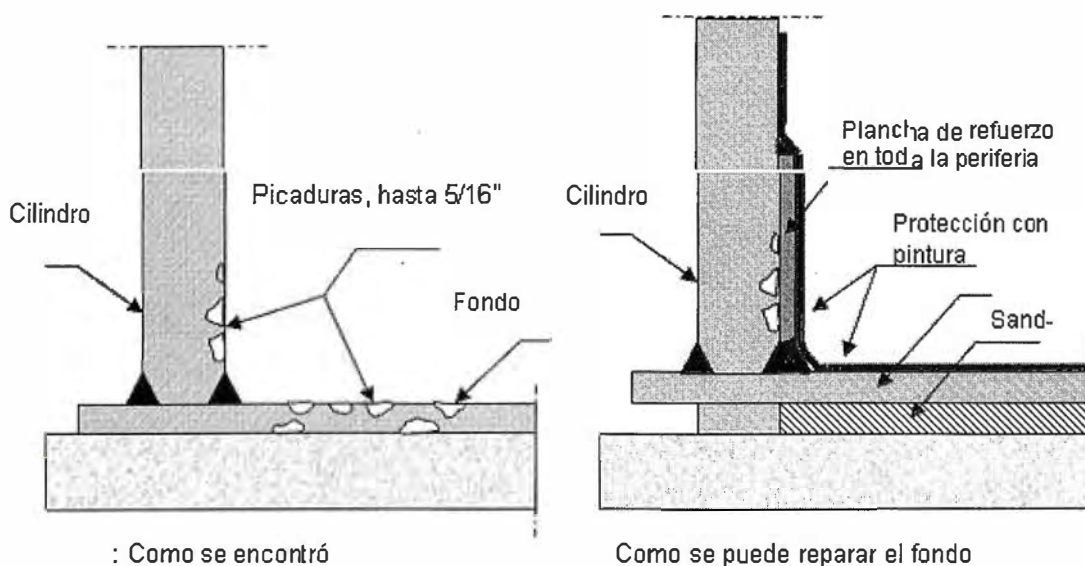
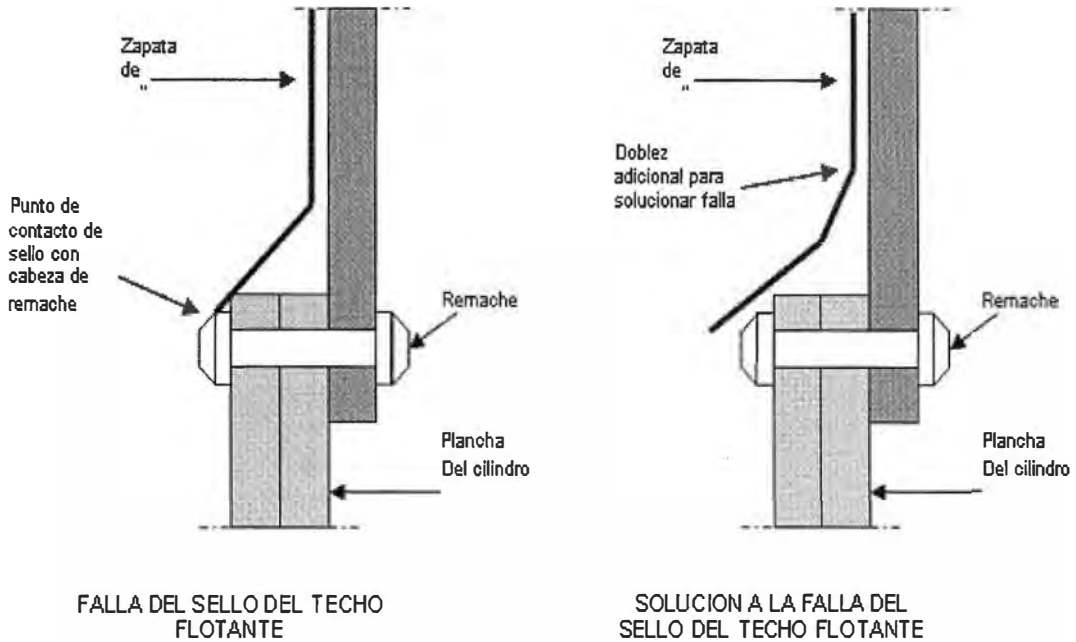


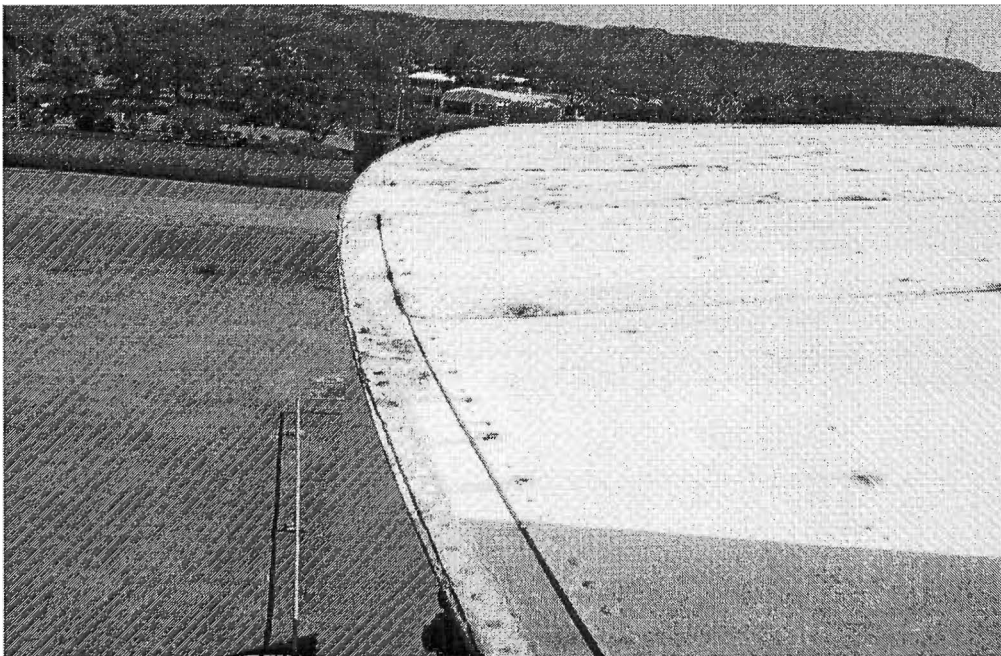
Figura N° XII-3. Fallas en un sello del techo flotante



Inspección Externa - tanque F/S

- Conexiones al tanque: con golpe de martillo.
- Techo del tanque: pintura, picaduras, desgaste (Fig. N° XII- 4).
- Equipos auxiliares: Respiraderos, por obstrucción, falla de asiento de los sellos (Fig. N° XII-3).

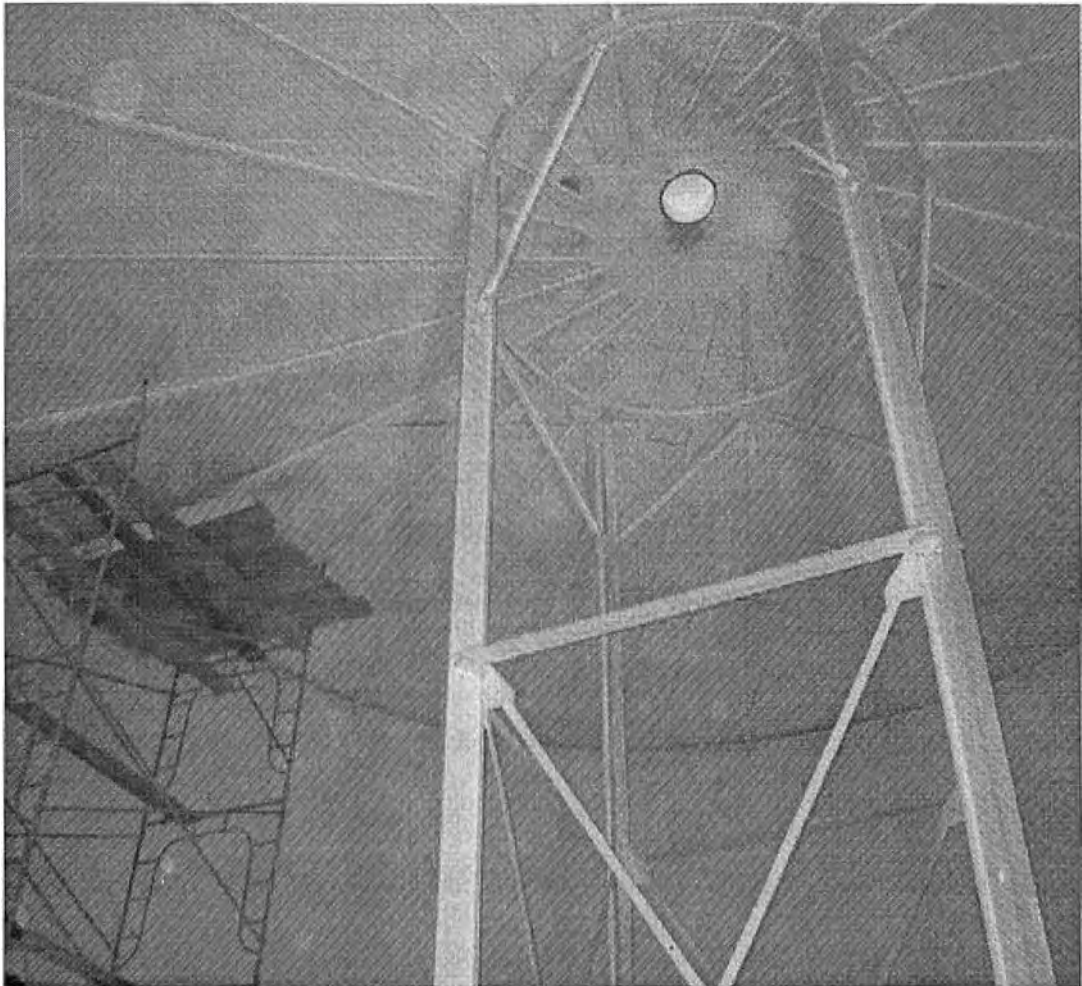
Figura N° XII-4. Picaduras en el techo de un tanque

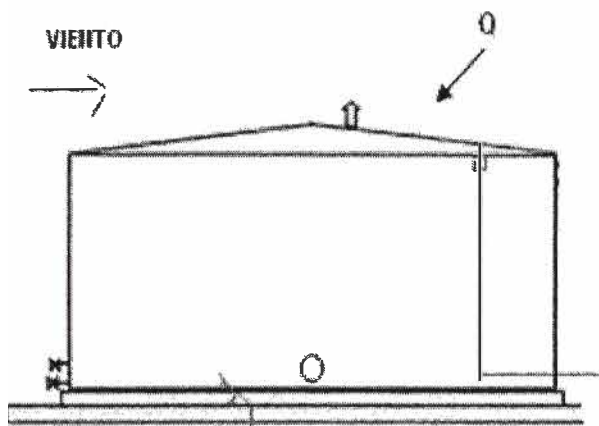


Inspección Interior tanque F/S - Techo

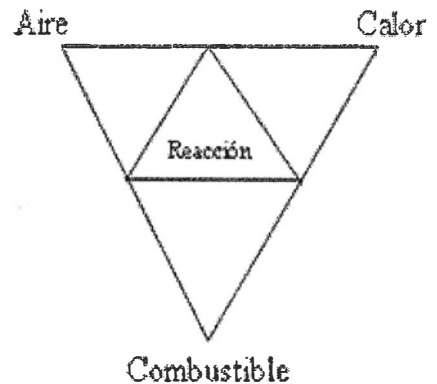
- Soporte del techo: verificar por desgaste, debilitamiento, distorsión de las columnas (Fig. N° XII-5).
- Cubiertas de techo (fijo o flotante): por corrosión, deformación.
- Uniones (soldados / remachados): por desgaste, fractura y corrosión.

Figura N° XII-5: Soporte de un techo

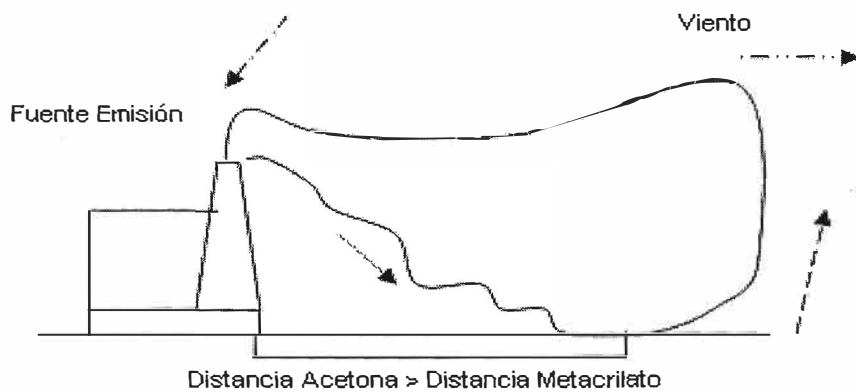




El fuego se da por:



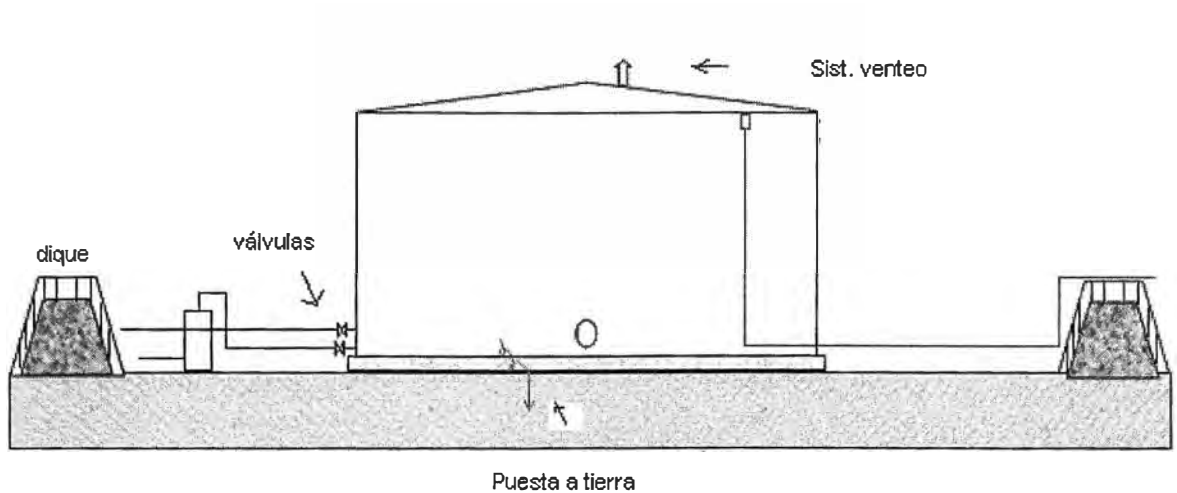
1.- De acuerdo al Modelo Britter McQuaid que se ha estudiado en esta tesis sobre la dispersión de nubes densas, se llega a la conclusión que la distancia obtenida de acuerdo al lugar de origen de una fuga de un líquido inflamable de clase I como: Acetona, Tolueno, mezcla xileno, Hexano, Metilisobutilcetona, Metacrilato de etilo, Acetato de vinilo, Acrilato de metilo, va a depender de las velocidad de viento como se ha demostrado (capítulo IX), ya que se tomó a tres lugares diferentes como: Bayovar, Lima y Marcona; donde se observa que, cuanto menor sea la velocidad de viento (Bayovar), la mezcla explosiva emitida alcanzará una mayor distancia por la dirección del viento, siendo el almacenamiento de este producto muy peligroso. Tal razón, se debe evitar un derrame de cualquier líquido inflamable porque éste podría hacer contacto con una fuente de ignición, y en consecuencia causar una explosión y posteriormente un incendio.



2.- Entre los líquidos inflamables nombrados anteriormente la más peligrosa sería la acetona (densidad relativa de los gases o vapores con respecto al aire, densidad del líquido, caudal de emisión), la cual va a tener una mayor distancia en comparación del Metacrilato de Etilo, ya sea en Bayovar, Lima o Marcona. Siendo en Bayovar el lugar más peligroso, debido a que si ocurriese un derrame en este lugar su velocidad de viento sería la mínima con respecto a las otras. En consecuencia, esta mezcla explosiva podría alcanzar una distancia que exceda los límites de la planta, y si ella encontrara a su paso una pequeña chispa podría causar daños irreparables e incalculables.

3.- El almacenamiento, recepción, manipulación, trasvase, despachos o descargas de estos líquidos inflamables se debe hacer de acuerdo a los procedimientos establecidos, Normas, Códigos de Ingeniería, entre otros. Además siempre debe ser supervisada las operaciones cuando se manipule cualquier material inflamable, de esta manera se pueda disminuir cualquier posible riesgo que puede ser mortal para el ser humano y al medio ambiente.

RECOMENDACIONES

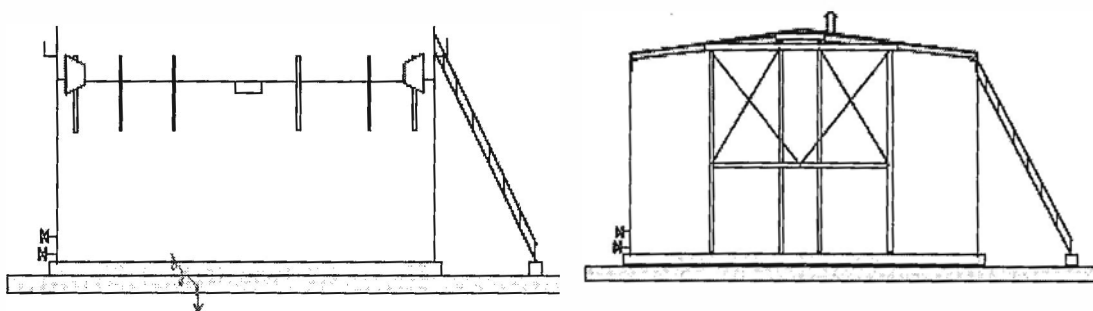


1.- La inspección externa en los tanques de almacenamiento debe ser periódica. Asimismo, verificando el buen funcionamiento de válvulas y accesorios en los tanques, ya que ellos pueden sufrir algún tipo de deterioro, fractura, deformaciones; evitando así, que haya cualquier tipo de fuga de un líquido inflamable, pudiendo éste causar una explosión.

2.- El tipo de inspección en los tanques podría ser de manera visual, por toma de espesores, tinte penetrante, entre otros. De esta manera, pueda detectarse a tiempo fisuras, picaduras, deformaciones. Además, el desgaste ocasionado por el frecuente uso de los equipos y accesorios, hace también que pueda surgir una pérdida del líquido almacenado, pudiendo encontrar a su paso una fuente de ignición y ocasionar un desastre.

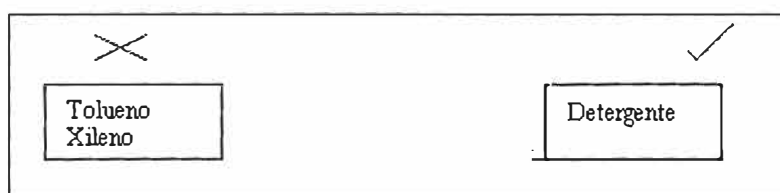
3.- En caso de realizar una limpieza en los tanques tiene que conocerse las características del producto líquido almacenado, dimensiones del tanque, la reactividad de residuos y el tipo de trabajo a ejecutar, pero hay algunos productos que son reactivos; entonces tendría que consultarse con el fabricante los procedimientos recomendados para mayor seguridad durante la limpieza.

4.- Cuando se almacene líquidos de Clase I, hay que adoptar medidas necesarias de seguridad para el accionamiento normal de inspección. Estas medidas corresponden a un posible peligro originado por la acumulación de vapores de los líquidos almacenados, y estos alcancen niveles peligrosos para el personal cuando están confinados en el escaso espacio existente entre el alto muro de un dique y el propio tanque, por eso no se recomienda diques que tengan más de 1.8m de altura, al menos que la circunstancia lo exija.



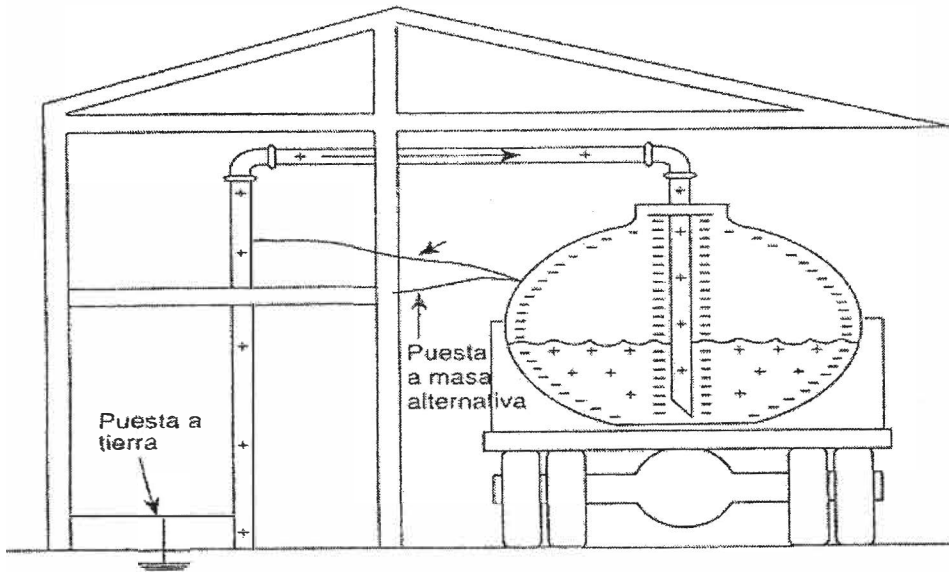
5.- En almacenamiento de tanques de techo flotante se recomienda que los techos sean de doble cubierta, ya que son más seguros aunque estos sean caros. Además, se tiene que verificar el soporte techo (fijo o flotante), para poder evitar cualquier desgaste, debilitamiento, distorsión de las columnas. Inclusive las uniones (soldadas/remachadas) ya que ellas podrían tener fracturas y en consecuencia podrían originar fugas.

6.- Los líquidos inflamables no deben utilizarse para limpieza de suelos ni para eliminar los derrames de aceites o grasa. En este caso se deben usar disolventes no inflamables o detergentes de base acuosa.

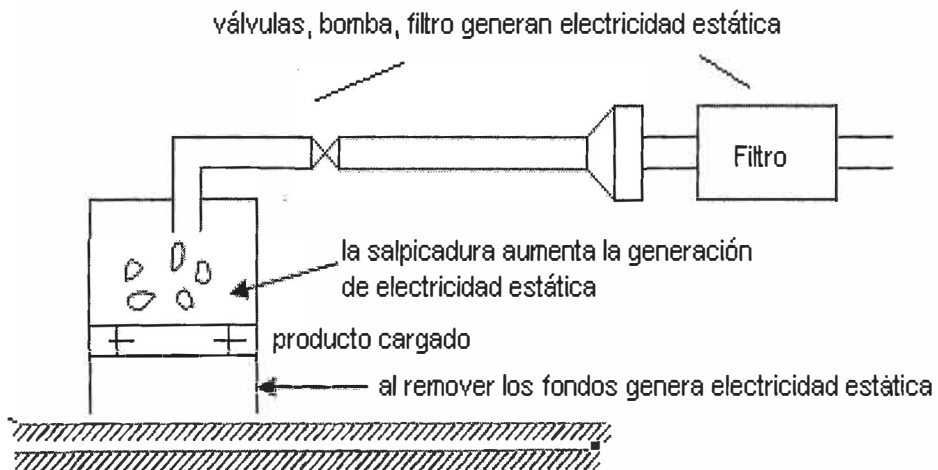


Se considera material de limpieza

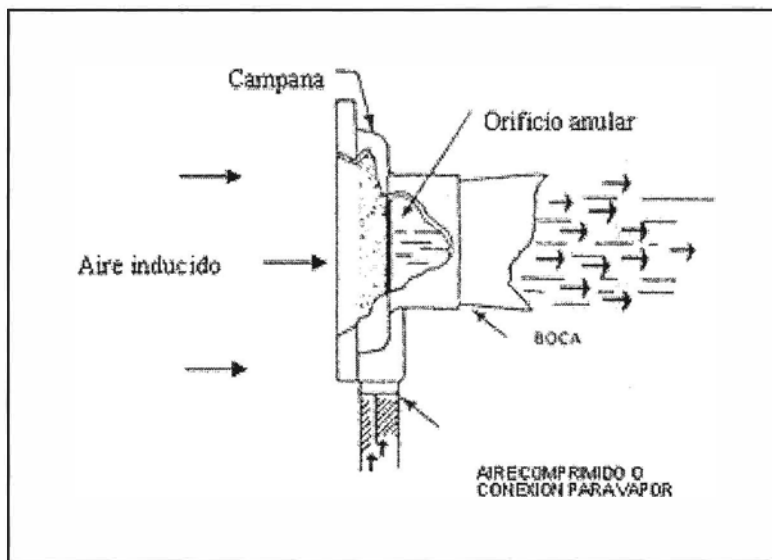
7.- Se tiene que saber que la puesta a tierra de una cisterna evita la inflamación de los vapores por una descarga de electricidad estática. La razón de esto es porque la puesta a tierra sólo evita la acumulación de cargas eléctricas estáticas.



8.- Un líquido inflamable nunca debe cargarse mediante el llenado con salpicadura aunque se opere a temperatura por debajo de su punto de inflamación. La razón es porque el llenado con salpicadura puede originar atmósferas explosivas que pueden fácilmente inflamarse por las cargas estáticas se podrían producirse en su manipulación.



9.- La ventilación continua en los tanques suele hacerse con extractores de aire. A pesar de, que el tanque pueda que no contenga vapores peligrosos y se pueda ingresar con seguridad a las tapas de ventilación del tanque, podrían aparecer más vapores al retirar los residuos líquidos, pero con una ventilación continua durante todo el tiempo de trabajo se consigue mantener la concentración de vapores dentro de un límite seguro. De esta manera, se puede evitar incendios o explosiones, siendo necesario vigilar constantemente el espacio que ocupa el vapor.



El extractor de aire

BIBLIOGRAFÍA

1. NFPA 30, Flammable and combustible Liquid Code (código de Líquidos inflamables y combustibles), edición 2003.
2. MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PLANTAS QUÍMICAS Y PETROLERAS, J.M. Storch de Gracia, edición 1998.
3. CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD, Tomo V. Ministerio de Energía y Minas.
4. DECRETO SUPREMO 052-07 EM. Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.
5. MANUAL DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS, Fundación MAPFRE estudios, editorial MAPFRE, edición 2002.
6. SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO, José Maria Cortés Díaz, 3^{era} edición.
7. ¿QUE FALLO? DESASTRES EN PLANTAS CON PROCESOS QUÍMICOS ¿CÓMO EVITARLOS?, Trevor Kletz, edición 2002.
8. SEGURIDAD EN EL TRABAJO, José Manuel Sánchez Rivero, 3^{era} edición.
9. NFPA 704, Standard System for the Identification of the Hazards of Materials Emergency Response, edición 1996.
10. NFPA 70, National Electrical Code, (Código Nacional Eléctrico), edición 2002.
11. MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO, Robert H. Perry 2001. Volumen IV. Edición 2001.
12. REVISTA DE INGENIERIA QUÍMICA. Evaluación de Riesgos Atmosféricos. Edición mayo 2004.
13. REVISTA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Cisternas utilizadas en el transporte de mercancías peligrosas. Edición septiembre 2002.
14. REVISTA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Almacenamiento de Productos Inflamables. Edición septiembre 2000.

GLOSARIO

PLANTA MAYOR O TERMINAL.- Trata sobre una propiedad en donde los líquidos son recibidos por recipientes tanque, tuberías, camiones tanque, vehículos cisterna, tanques portátiles o contenedores.

NFPA.- Asociación Nacional de Protección contra incendios. Organización voluntaria internacional para promocionar y mejorar la protección y prevención de incendios y establecer normas de seguridad contra la pérdida de vidas y bienes debido a incendios. Es famosa por sus Códigos Nacionales contra incendios, 16 tomos de estándares, prácticas recomendadas y manuales desarrollados (y actualizados periódicamente) por los comités de la NFPA.

OSHA.- Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo. Parte del Departamento de Trabajo de EE.UU. la agencia reguladora y de ejecución legal para la seguridad y salud en la mayoría de los sectores industriales de EE.UU.

ALMACENAMIENTO TEMPORAL.- Se refiere al almacenaje temporal en un área de proceso de líquidos en contenedores, contenedores a granel intermedios y tanques portátiles.

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE VAPORES.- Los sistemas de recuperación y procesamiento de vapor que no hayan sido diseñados para manejar líquidos deben proveerse de medios para eliminar cualquier líquido que entre o se condense en el sistema de recolección de vapores. Entonces la tubería de recolección de vapor debe diseñarse para evitar el atropamiento de líquido.

Son ejemplos los sistemas de desplazamientos de vapor de presión balanceado y los sistemas asistidos por vacío sin procesamiento de vapor.

TANQUE PORTÁTIL.- Cualquier envase cerrado con una capacidad de líquido superior a 230 L (60gal) no apropiado para instalación fija. Esto incluye contenedores a granel intermedios (IBCs) como están definidos y regularizados por el Departamento del Transporte de U.S.

TANQUE ALMACENAJE.- Cualquier recipiente que tenga de líquidos que exceda 230 L (60 gal), destinado par una instalación fija y no utilizado para procesamiento.

PROTECCIÓN PARA EXPOSICIONES.- La protección contra incendios para estructuras en propiedades adyacentes al almacenaje de líquidos es provista por un cuerpo local de bomberos o 2 una brigada contra incendios privada contra incendios privada mantenida en la propiedad adyacente al almacenaje de líquidos, cualquier de los cuales es capaz de proveer chorros de agua de enfriamiento para proteger la propiedad adyacente al almacenaje de líquidos

PRESIÓN DE VAPOR.- La presión ejercida por un vapor saturado por encima de su propio líquido en un recipiente cerrado. Es la presión característica, a cualquier temperatura dada, de un vapor en equilibrio con su forma líquida o sólida.

Pérdida de producto y contaminación por evaporación.

PUESTA A TIERRRA.- Es la conexión de un conductor con tierra a fin de garantizar que esté al mismo potencial de tierra.

MEZCLA INFLAMABLE

Es la mezcla de materia inflamable y comburente que se halla dentro del rango de inflamabilidad.

LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD.- Es la concentración de una materia inflamable en aire u otro comburente en condiciones de operación por encima de la cual no puede iniciarse la combustión.

LÍMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD.- Es la concentración de una materia inflamable en aire u otro comburente en condiciones de operación por encima de la cual no puede iniciarse la combustión.

RANGO DE INFLAMABILIDAD.- Intervalo de concentraciones de gas o vapor combustible en gas comburente (generalmente, el aire), dentro del cual puede tener lugar la combustión de una mezcla de ambas sustancias. Los valores inferior y superior del intervalo se llaman límites de inflamabilidad.

ROCIADO AUTOMÁTICO DE AGUA.- elemento diseñado para proyectar agua dotado de un dispositivo termosensible que actúa automáticamente a una temperatura determinada y que, instalado adecuadamente, puede controlar o sofocar un incendio.

COMBURENTE.- Es la propiedad de una sustancia que puede iniciar y mantener una reacción de oxidación con, y en presencia de, otra sustancia oxidante(comburente).

BARRIL.- Una unidad de volumen usada en la industria del petróleo que es igual a 0.159 m³ (159 litros o 42 gal)

GAL.- Galón y equivalente a 3.785 litros.

PSIG.- Libras por calibre de pulgada cuadrada.

DIQUE.- Pared baja que actúa como una barrera para contener y prevenir que un derrame se disperse.

ANEXOS



Almacenamiento de productos inflamables

Normativa vigente para su diseño, construcción y pruebas

M. A. Ruiz Vélez
Area de Instalaciones Petrolíferas
Itevelesa

1. Generalidades

1.1. Introducción

En términos generales, las instalaciones para el almacenamiento de productos inflamables pueden incluir los elementos que se indican a continuación:

- Atraque para carga y descarga de buques (muelle, pantalanes, ...).
- Puesto para la carga y descarga de camiones sistema.
- Tuberías y bombas para la carga y descarga de camiones o buques.
- Tuberías y bombas para el trasiego y utilización del producto.
- Tanques de almacenamiento.
- Instalaciones para el llenado de envases o acondicionamiento de productos.
- Servicios auxiliares de almacenamiento.
- Sistemas para la prevención y defensa contra incendios.
- Medios para el control de llenado.
- Cubetos de retención.
- Sistemas de drenaje.
- Sistema para control de emisiones.

La construcción de recipientes debidamente proyectados y herméticos, que permitan la descarga de los vapores, cuidadosamente regulada en caso necesario, constituye

la primera condición para almacenar líquidos combustibles e inflamables. Los recipientes van desde los tanques verticales de gran tamaño de almacenaje a la intemperie, hasta los envases móviles.

1.2. Almacenaje en tanques

La instalación de los tanques puede ser aérea, subterránea o dentro de edificios.

La gravedad de los riesgos de almacenaje puede parecer relacionada con la cantidad almacenada. Sin embargo, el tamaño del tanque o el número de tanques tiene menos importancia que ciertos factores, como son las características del líquido almacenado, la construcción del tanque, sus cimentaciones y apoyos, las dimensiones y posición de los conductos de ventilación de las tuberías y sus conexiones.

Las instalaciones destinadas al almacenamiento de productos químicos en general e inflamables en particular y las operaciones que se llevan a cabo en ellas, suponen riesgos que se derivan de las características físicas y químicas de los productos que se almacenan y manipulan. Entre las características generadoras de riesgos y problemas cabe citar las que siguen:

- Estado físico.
- Inflamabilidad (riesgo de incendio y/o explosión).
- Toxicidad (agresión a personas o medio ambiente).
- Corrosividad (riesgo de agresión a envases).

En estos momentos de gran actividad en la construcción de almacenamientos de productos inflamables, especialmente de productos petrolíferos, resulta oportuno el presente artículo, donde se repasa la normativa en vigor y el contenido de la misma.

- Presión de vapor (pérdida de producto y contaminación por evaporación).

- Reactividad.

El punto de inflamación no es el único factor en que debe basarse la evaluación del riesgo, aunque constituya el criterio más aceptado e importante. Temperatura de ignición, límites de inflamabilidad, índice de evaporación, reactividad, densidad e índice de difusión, también influyen.

Es destacable el hecho de que los accesorios del equipo están implicados en más accidentes que los tanques de almacenamiento, probablemente debido a que son más frágiles y son dañados fácilmente por una sobrepresión o vacío.

1.3. Tanques de almacenaje aéreo

Se pueden dividir en tres categorías generales:

A) Tanques atmosféricos para presiones de 0 a 0'15 kg/cm² (manométricos).

B) Tanques de almacenaje de baja presión de 0'15 a 1 kg/cm².

C) Tanques a presión superior a 1 kg/cm².

Diseño y construcción

El grosor de la chapa metálica utilizada para construir los tanques no sólo depende de las necesidades de resistencia al peso del líquido y a la presión de prueba, sino también de una tolerancia adicional por corrosión.

Las inspecciones periódicas permiten averiguar el grosor de la chapa metálica del tanque y establecer los límites de seguridad de utilización. La inspección de los tanques para observar la corrosión puede efectuarse visualmente, por perforación o calibración, por dispositivos de ultrasonidos o agujeros de goteo. Los tanques han de ser construidos siguiendo códigos de reconocida

solvencia. En Estados Unidos, y casi universalmente, se usa el API (American Petroleum Institute) en su norma 650 "Welded Oil Storage Tanks". En España son de aplicación las Normas UNE referenciadas en la reglamentación, pudiéndose utilizar cálculos o códigos de reconocido prestigio en ausencia de normas.

Instalación

Se deben respetar los cuadros de distancias especificados en la normativa específica. Estas distancias variarán según la presión interna, la capacidad, las posibilidades de rebose, la protección contra incendios y la separación entre tanques.

Ventilación y supresores de llama

Los tanques necesitan, para su funcionamiento normal, una ventilación adecuada que tenga en cuenta las operaciones de llenado y vaciado, así como la máxima dilatación y contracción posible del contenido en función de la temperatura. Diversas normativas internacionales suministran información sobre las dimensiones de las tuberías para el trasiego de los productos. Unos conductos de ventilación mal dimensionados y obstruidos 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 productos desprenden vapores inflamables, y es necesario conducir estos vapores mediante tuberías hasta un lugar en que su eliminación no sea peligrosa. No deben pues descargarse cerca de las ventanas, ni de potenciales fuentes de ignición.

Para evitar el retroceso de las llamas hacia el interior en el caso de inflamación de los vapores de los dispositivos de ventilación, éstos estarán normalmente cerrados cuando no se encuentren con presión o vacío interior; en caso contrario, se instalan supresores de llamas homologados.

Diversas especificaciones internacionales exigen estos supresores para almacenar líquidos con punto

de inflamación inferior a 38°. Los supresores pueden estar formados con baterías de chapas o tubos metálicos paralelos que presenten una superficie metálica grande para disipar el calor. Estas chapas absorben el calor y reducen la temperatura del vapor por debajo de su valor de autoinflamación.

Supresores de llama formados por rejillas de malla metálicas son también utilizados en aberturas pequeñas, aunque pueden presentar problemas de obstrucción.

Para evitar las pérdidas por evaporación y las fugas de vapores al llenar los tanques, se dispone de varios métodos: pintura que refleje el calor, tanques de techo flotante, tanques con cúpula o condensación de vapores mediante equipos frigoríficos.

Ventilación de emergencia

Los tanques de almacenamiento precisan conductos de emergencia adicionales a los de funcionamiento normal, que faciliten la descarga de presión interna al producirse incendios en sus inmediaciones.

Si los tanques carecen de las descargas necesarias, pueden generarse sobrepresiones que favorecerían una explosión tipo BLEVE.

Las ventilaciones para descargas de emergencia abarcan desde las tapas sueltas en registros que la presión levanta, hasta costuras débiles de unión entre cubierta y envoltura, pasando por las cubiertas flotantes, los discos de ruptura, o los conductos de ventilación para descarga de energía proyectados para este fin.

Los conductos de ventilación de emergencia son especificados en función del calor que reciba el líquido contenido en el tanque. Según la N.F.P.A, el 55% de la superficie total en las esferas, el 75% en los tanques horizontales y los primeros 30 pies por encima del suelo en los tanques verticales.

Las bocas de salida de todos los conductos de ventilación y drenajes en los tanques deben situarse de modo que eviten el recalentamiento

to localizado de cualquier parte del tanque, debido a un incendio en un conducto de ventilación.

Cimentaciones y apoyo

Las cimentaciones para los tanques deben ser sólidas y los apoyos adecuados. Normalmente, los tanques verticales se instalan sobre bases elevadas que proporcionan un apoyo adecuado. Los apoyos de acero situados debajo de los tanques que contienen líquidos inflamables tienen que estar protegidos con materiales resistentes al fuego, con una resistencia mínima de dos horas.

Drenajes y diques

Para evitar que los líquidos almacenados en los tanques puedan llegar hasta canales, ríos o terrenos en casos de rotura, se instalan medidas que puedan controlar cualquier derrame.

Para ello se instalan drenajes con pendiente hacia una balsa de recogida, donde el líquido puede ser recuperado o eliminado sin peligro. En todo caso, hay que construir diques y cubetos alrededor de los tanques para impedir la dispersión del líquido. Estos diques pueden ser de tierra o de hormigón armado y han de resistir la presión lateral a la altura máxima del líquido.

Cuando se rodean varios tanques con un sólo cubeto, se deben instalar diques intermedios que impedirán que pequeños derrames lleguen a afectar a otros tanques. Para proyectar los cubetos, se tiene en cuenta la máxima cantidad de líquido que puede salir del tanque más grande del recinto que esté lleno. La capacidad útil del cubeto se calcula restando el volumen ocupado por los tanques hasta la altura de los diques. Los cubetos pueden incluir desagües que permitan la evacuación del agua de lluvia o el utilizado con otros fines. Estos desagües deben estar normalmente cerrados y abrirse en caso de necesidad.

Para almacenar líquidos con punto de inflamación inferior a 38°C, es necesario que el accionamiento de las válvulas y el acceso a las cubiertas del tanque sea posible sin

que sea necesario pasar por debajo del borde superior del dique. Estas medidas son necesarias para evitar el peligro que originan la acumulación de vapores de estos líquidos, que pueden alcanzar niveles peligrosos para el personal cuando están confinados en el espacio existente entre el alto del muro del cubeto y el propio tanque.

Peligros y protecciones

Para evitar situaciones peligrosas, es necesario que el almacenamiento cumpla una serie de condicionamientos que garanticen su seguridad, tales como:

- Distancias

La experiencia indica que en caso de incendio las posibilidades de propagación aumentan considerablemente si la construcción y cuadro de distancias no se ajustan a normas reconocidas.

La mayoría de los incendios se declaran en los puntos de carga y descarga, por lo que estos puntos deben estar separados de los tanques (al menos, 7,5 ó 4 m).

- Conductos de ventilación y tuberías

Cuando estos conductos son inadecuados o mal calculados, han sido la causa principal de la rotura de tanques expuestos al fuego.

La rotura de tuberías y válvulas constituye un factor importante en los incendios que afectan a los tanques de almacenaje. Las tuberías se han de proteger siempre contra los daños directos y los esfuerzos excesivos debido a dilataciones, construcciones, vibraciones y asentamientos. En las conexiones externas de los tanques, por los que pasa normalmente el líquido, hay que utilizar válvulas y tuberías de acero o hierro nodular, salvo que las propiedades químicas del líquido almacenado sean incompatibles con el acero.

- Incendios en tanques

Los incendios que afectan a los tanques comienzan generalmente

con una explosión interior o con un incendio exterior consecutivo a un derrame. En un incendio típico y prolongado en tanques, la envoltura de un depósito vertical de gran altura se pliega sin romperse hacia el interior del tanque, por encima del nivel del líquido que arde.

Los tanques deben disponer de medios de protección contra incendios que permitan, tanto la extinción de cualquier incendio, como la refrigeración de los tanques afectados por fuego exterior o la eliminación de derrames por espuma.

1.4. Tanques de almacenamiento enterrados

La construcción de los tanques subterráneos ha de proyectarse para que resistan con seguridad el desarrollo de sus funciones, teniendo en cuenta la presión de la tierra, la del pavimento o la ocasionada por el tráfico de vehículos.

En la actualidad se utilizan depósitos de almacenamiento de acero o de plástico reforzado con fibra de vidrio de simple o doble pared, cuya construcción está regulada por Normas UNE. Los tanques subterráneos se consideran generalmente el medio más seguro de almacenaje. Pueden enterrarse fuera o dentro de edificios. Los tanques enterrados dentro de edificios han de tener las bocas de llenado y los conductos de ventilación al exterior de los muros del edificio. Los tanques deben situarse sobre cimentaciones sólidas y rodeados de arena compactada. Los tanques subterráneos necesitan protección contra las presiones originadas por las cargas situadas encima. Los situados en zonas donde estas cargas puedan resultar excesivas necesitarán un pavimento o cobertura adicional de tierra.

La vida útil prevista (según códigos USA) para tanques subterráneos de acero debidamente instalados fluctúa entre 15 y 20 años. El suelo que rodea el tanque es sumamente importante. La utilización de rellenos homogéneos y revestimientos protectores prolonga la vida útil de los tanques y las tuberías de acero. A

menudo, los tanques subterráneos y las tuberías subterráneas necesitan una protección catódica. Se han de eliminar las conexiones entre dos metales diferentes para evitar la corrosión galvánica. Los tanques necesitan anclajes o lastres, si el nivel total de las aguas fráticas es alto o puede subir debido a inundaciones.

Si se sospechan fugas en tanques subterráneos, o periódicamente, deben ser sometidos a una prueba de estanqueidad. En España, las ITCs MI-IP 03 y MI-IP 04 obligan a que las pruebas de estanqueidad se realicen con sistemas que garanticen la detección de una fuga de 100 ml/h, y dicho sistema debe de estar evaluado, mediante el procedimiento indicado en el informe UNE 53.968, por un laboratorio de ensayo acreditado, de acuerdo con el Real Decreto 2200/95.

1.5. Tanques instalados dentro de los edificios

Los tanques de almacenaje dentro de edificios varían según la clase de líquido y la utilización del edificio, debiendo instalarse en último caso y cumpliendo normativas estrictas. El recinto deberá poseer los medios necesarios para descargar los vapores volátiles al exterior del edificio.

Se ha de estudiar el sistema de rociadores o pulverización del agua, así como las válvulas automáticas de mando térmico en las tuberías próximas al depósito, y las válvulas y tuberías de acero.

Los conductos de ventilación y las tuberías de llenado de los tanques situados en edificios han de desembocar en el exterior de los mismos.

2. Normativa vigente

Los almacenamientos de materias inflamables pueden estar regulados por la siguiente normativa:

• **Reglamento sobre Almacenamiento de Productos Químicos (R.D. 668/80, de 8 de febrero, y R.D. 3485/83, de 14 de diciembre)**

Es de aplicación, entre las ITCs desarrolladas por este Reglamento, la ITC MIE APQ-001 "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles" (O.M. de 9 de marzo de 1982, modificada parcialmente por O.M. de 26 de octubre de 1983, y última actualización vigente por O.M. de 18 de julio de 1991).

• **R. D. 2085/1994, de 20 de octubre, "Reglamento de Instalaciones Petrolíferas"**

El Real Decreto 2085/1994, por el que se aprobaba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas y sus ITCs publicadas con el mismo o desarrolladas posteriormente, integraba el campo legal en el que se desarrollaban y definían las especificaciones técnicas a cumplir en los distintos tipos de almacenamientos de productos petrolíferos.

- Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 01 "Refinerías".

- Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 02 "Parques de almacenamiento." El Real Decreto 1562/98 modificó la primitiva IP 02, ampliando su aplicación a los depósitos de eje horizontal y diferenciando dos tipos de almacenamiento: de eje vertical o de eje horizontal.

• **R.D. 1427/1997**, que aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 03 "Instalaciones petrolíferas para uso propio".

• **R.D. 220/1995**, que aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 04 "Instalaciones fijas para distribución al por menor de carburantes y combustibles petrolíferos en instalaciones de venta al público".

• **Real Decreto 1523/99**, de 1 de Octubre, que ha supuesto la modificación del Reglamento de Instalaciones Petrolíferas en lo concerniente a sus Instrucciones Técnicas Complementarias MI-IP 03 y MI-IP 04, dando asimismo nueva redacción a los artículos 2, 6 y 8 del R.D. 2085/1994, dividiendo definitivamente las instalaciones en cuatro grandes grupos:

- MI-IP 01.- Refinerías de petróleo, plantas petroquímicas integradas en las mismas y sus parques de almacenamiento anejos.

- MI-IP 02.- Instalaciones y parques de almacenamiento destinados a la distribución y suministro de productos petrolíferos, con excepción de los incluidos en la IP 01.

- MI-IP 03.- Instalaciones de almacenamiento de carburantes y combustibles para su consumo en la propia instalación.

- MI-IP 04.- Instalaciones para suministro de carburantes y combustibles líquidos a vehículos.

El Reglamento de almacenamiento de productos petrolíferos ofrece la posibilidad, en instalaciones mixtas destinadas a almacenar carburantes y combustibles líquidos, de optar por cumplir:

- El Reglamento de Instalaciones Petrolíferas y las ITCs correspondientes del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos.

O

• El Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos.

Analizando el citado Real Decreto 2085/1994, podemos destacar, en su parte jurídica:

- La obligación de adaptación en plazo de las instalaciones afectadas por la IP 01 e IP 02.

- Clasificación de los hidrocarburos en función de su punto de inflamación.

- Establecimiento de la figura del instalador autorizado y titular.

- Referencia a la exposición en las ITCs de las indicaciones sobre revisión de conservación e inspecciones periódicas a que deberán someterse las instalaciones afectadas por su campo de aplicación.

- Obligación y plazo de ejecución de reformas en caso de detección de deficiencias en el cumplimiento de las diferentes prescripciones reglamentarias.

La modificación por R. D. 1523/99 implica además:

- La revisión en plazo de las instalaciones existentes:

• Instalaciones con más de veinte años: 22.11.01.

• Instalaciones entre siete y veinte años: 22.11.02.

• Resto, a los diez años.

- La obligación de adaptación a la IP-04 antes del 22.11.01 de las instalaciones de suministro a vehículos reguladas por la antigua IP-03.

En las páginas siguientes se exponen resumidamente los distintos requerimientos exigidos en las citadas ITCs para el diseño, construcción, pruebas en el lugar de emplazamiento, pruebas periódicas y otros requisitos, de los depósitos e instalaciones de almacenamiento de líquidos petrolíferos.

3. Control de diseño, construcción y pruebas

3.1. Inspección de depósitos en construcción

El programa de control durante la construcción debe ir enfocado al cumplimiento de las características exigidas por la distinta reglamentación vigente, que a su vez han debido ser reflejadas en el diseño del recipiente, de tal forma que el tanque o depósito reúna todos los requerimientos exigibles por la diferente normativa de aplicación, en forma de normas de reconocido prestigio o de obligado cumplimiento. (Tabla I).

Los controles y exigencias reflejadas en los distintos códigos de diseño y normas deben tener su reflejo y constatación efectiva mediante los correspondientes seguimientos y controles de calidad de materiales, soldaduras, procedimientos, dimensiones, equipos y pruebas finales. Los del Reglamento de Instalaciones Petrolíferas se refieren a:

- Controles generales

• Materiales:

Materiales del cuerpo del depósito.
Materiales de soldeo.

• Características geométricas:

Relación longitud máxima / diámetro nominal.

Espesores.

Refuerzos.

Refuerzo de la varilla de medición.

Fondos.

Bocas de inspección.

Compartimentos.

Refuerzos.

Apoyos.

Orejetas.

Placa de características.

Placa de toma de tierra.

Protección exterior.

• Características constructivas:

Fondos:

Embutición de un máximo de dos piezas.

Virolas:

Con sólo una soldadura y longitudinal situada en la parte superior del tanque.

Distancia entre soldaduras continuas mayor de un metro.

Bocas de hombre:

Distancias de soldaduras.

Colocación de orificios.

Comprobación de soldaduras:

Soldadores y procedimientos homologados.

Uniones longitudinales.

Uniones circulares.

Uniones con los fondos intermedios.

Uniones con la boca de hombre.

- Comprobaciones y pruebas. Normas UNE

• Tolerancias:

Espesores.

Dimensiones.

Capacidad real del tanque y compartimentos.

Tolerancias de la envolvente exterior en virolas y fondos (UNE 62350-2).

• *Examen de soldaduras.*

• Pruebas:

Del tanque.

Del compartimento.

De la tapa.

De la cámara entre tanque y envolvente (UNE 62350-2).

- **Medición del volumen del depósito.**

- **Certificados.**

3.2. Inspecciones y pruebas iniciales en emplazamiento

Las distintas ITCs especifican las condiciones y pruebas a cumplir por los depósitos en su lugar de emplazamiento, antes de proceder a su puesta en servicio. Igualmente, tal y como se ha expuesto anteriormente, la construcción de depósitos conforme a normas UNE obliga al cumplimiento de las especificaciones reflejadas en las citadas normas sobre su instalación.

Las normas son:

UNE 109501 "Instalación de tanques de acero aéreos o en fosa para almacenamiento de carburantes y combustibles líquidos".

UNE 109502 "Instalación de tanques de acero enterrados para almacenamiento de carburantes y combustibles líquidos".

UNE-EN 976-2:1998 "Tanques enterrados de plástico con fibra de vidrio (PRFV). Tanques cilíndricos horizontales para almacenamiento sin presión de combustibles petrolíferos líquidos. Parte 2ª: Transporte, manejo almacenamiento e instalación de tanques de una sola pared".

UNE 53990 "Plásticos. Instalación de depósitos aéreos o en fosa, fabricados en plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) para almacenamiento de productos petrolíferos líquidos".

UNE 53993 "Plásticos. Instalación de depósitos de polietileno de alta densidad (PE-HD) para productos petrolíferos líquidos con punto de inflamación superior a 55°C".

Tabla I. Diseño, construcción y pruebas iniciales de depósitos según el reglamento DE IPs

IP01	IP02	IP03	IP04
<p>Depósitos a presión</p> <p>Según (R.A.P). Cumpliendo condiciones particulares en cuanto a: Conexiones. Purgas, Tomas, Medición y Sobrespesores.</p> <p>Depósitos productos clase A-1</p> <p>Complementar disposiciones anteriores con: Diseño teniendo en cuenta las temperaturas más baja^s en cuanto a la fragilidad del acero Aislamiento térmico estanco al vapor de agua. Estudio de contracciones y dilataciones. Deformación del suelo. Placa identificativa.</p> <p>Tanques a presión atmosférica</p> <p>Cálculo efectuado con Código. Llenos de agua. Llenos de producto. Presión y depresión en servicio. Sobrecarga de 12 g/cm² sobre techo. Acciones sísmicas. Normas PDS Reacción del suelo Sobrespesor por corrosión. Tensión de trabajo admisible de acuerdo a Código de diseño utilizado. Condiciones equipo (Bocas, venteos etc.)</p> <p><i>Pruebas hidrostática llenos de agua. La prueba se mantendrá el tiempo necesario para examinar el tanque y observar si existen fugas o se producen deformaciones o asentamientos del terreno que supongan un peligro para su utilización.</i></p>	<p>Tanques a presión atmosférica</p> <p>Condiciones de diseño, construcción y pruebas igual a las requeridas por la IP01</p> <p>Depósitos de eje horizontal s/ 1562/98</p> <p>Aplicación de Normas de Construcción y pruebas según Normas.</p> <p>UNE EN 976 (1) UNE 53432 UNE 53.496 Ex UNE 62.350 UNE 62.351 UNE 62.352</p> <p>En ausencia de normas de cálculo justificación de: Resistencia de materia utilizado. Resistencia Mecánica del depósito lleno de agua. Presión y depresión en carga y descarga. Presión máxima a la que puede estar sometido por acciones exteriores. Medidas suplementarias por corrosión interior o exterior. Idoneidad entre el material del depósito y el líquido a contener, Materiales de construcción garantizados. Tuberías Normalizadas. Protecciones (Corrosión y puesta a tierra)</p> <p><i>Pruebas en el lugar de emplazamiento: Pruebas de estanquidad de depósito y tuberías Protección catódica. Medición dieléctrica</i></p>	<p>Depósitos</p> <p>Aplicación de Normas de Construcción y pruebas según Normas.</p> <p>UNE EN 976 (1) UNE 53432 UNE 53.496 Ex UNE 62.350 UNE 62.351 UNE 62.352</p> <p>En ausencia de normas de cálculo justificación de: Resistencia de material utilizado. Resistencia Mecánica del depósito lleno de agua. Presión y depresión en carga y descarga. Presión máxima a la que puede estar sometido por acciones exteriores. Medidas suplementarias por corrosión interior o exterior. Idoneidad entre el material del depósito y el líquido a contener, Materiales de construcción garantizados. Tuberías normalizadas. Protecciones (Corrosión y puesta a tierra)</p> <p><i>Pruebas en el lugar de emplazamiento: • Pruebas de estanquidad de depósito y tuberías • Protección catódica. • Medición dieléctrica (Depósitos de acero)</i></p>	
<p>Estas normas describen las condiciones a cumplir en la instalación de los depósitos incluidos dentro de su campo de aplicación. Resumiendo las condiciones especificadas por las normas, podemos destacar las siguientes apartados a cumplir de acuerdo con el tipo de depósito a instalar:</p> <p>- <i>Controles previos a la instalación.</i></p> <p>Comprobaciones a efectuar antes de colocar el tanque en el foso (enterrados) o cubeto (aéreos).</p> <p>- <i>Ensayos en el lugar de emplazamiento.</i></p>	<p>Pruebas de estanquidad con el depósito emplazado. Ensayos del revestimiento (depósitos metálicos). Medición de protección catódica.</p> <p>- <i>Fosos o cubetos.</i></p> <p>Dimensiones de fosos y cubetos. Distancias entre depósitos y paredes. Emplazamiento de los tanques. Apoyos de los tanques. Controles de excavaciones, lecho, recubrimientos y material de relleno en depósitos enterrados.</p> <p>- <i>Instalación.</i></p>	<p>Requisitos generales. Almacenamientos inadmisibles. Distancias. Instalaciones en interiores. Instalaciones en exteriores.</p> <p>- <i>Protección de los tanques (tanques enterrados).</i></p> <p>Protección pasiva. Protección catódica. Puesta a tierra.</p> <p>- <i>Documentación.</i></p> <p>Requerimiento de : Los certificados de fabricación del depósito.</p>	

Tablas de tarado.
Certificado de la empresa instaladora.

3.3. Revisiones e inspecciones periódicas

La sección cuarta de la ITC-MIE-APQ-001 obliga, de acuerdo con el artículo 6º del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, a la inspección periódica del almacenamiento. (Tabla II).

Igualmente, el artículo 9 del Real Decreto 2085/1994, por el que se

aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas, indica la obligación de realizar a las instalaciones, inspecciones y controles periódicos en los plazos indicados en las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias. Señala asimismo la obligación del propietario de conservar constancia documental de las revisiones de conservación e inspecciones periódicas que se realicen en la instalación, así como de las deficiencias observadas.

Estas revisiones están encaminadas a la verificación del cumpli-

miento de los siguientes puntos:

- No ha habido ampliaciones o modificaciones que alteren las condiciones de seguridad por las que se aprobó la instalación inicial. Y si ha habido ampliaciones o modificaciones, éstas han sido objeto de presentación de la correspondiente documentación y autorización si procede.

- Las clases de productos siguen siendo las mismas para las que se aprobó inicialmente.

- La forma de almacenamiento es igual que la inicial.

Tabla II. Inspecciones periódicas de depósitos y otras prescripciones

IP01	IP02	IP03
<p>Normas de explotación.</p> <p>Manual de Seguridad con: Normas básicas de seguridad y protección contra incendios Normas Generales de seguridad en: Trabajos de mantenimiento y conservación Trabajos de operación de unidades. El manejo de productos petrolíferos y otros tales como materias auxiliares. Entrega a todo el personal y nota extracto para visitantes</p> <p>Normas particulares. Permisos y autorizaciones de trabajos.</p> <p>Normas para empresas de servicios. Entrega de las normas de seguridad.- Control del cumplimiento.</p> <p>Observación de las normas. Actualización.- Recepción -Aplicación:</p> <p>Normas de seguridad de operación Puesta en marcha - Parada- Marcha normal -Instrucciones para inspección y mantenimiento</p> <p>Plan de inspecciones periódicas, que se expresará en el proyecto y que será objeto de aprobación por el órgano competente de la comunidad autónoma, en el que se tendrán en cuenta las Reglamentaciones existentes para los aparatos, equipos e instalaciones incluida en la misma y sus características, (Instalaciones construidas de acuerdo con la IP-02 aprobada por R. D. 2085/1994).</p>	<p>Instalaciones realizadas de acuerdo con el R.D. 1562/1998 Revisiones e inspecciones periódicas cada 5 (Instalador o inspector propio) Y 10 años (Administración u.O.C.A.) (Depósitos instalados antes del 09.08.99 sin doble pared o cubeto con detección de fugas revisión cada 3 años e inspección cada 5 según la disposición transitoria 2ª del R. D. 1562/98 que aprueba la ITC-MIE IP02. (Prueba de Presión)</p>	<p>1.-Revisiones e inspecciones periódicas. Verificación total de las disposiciones de la IP-04 o IP-03 a cumplir por la instalación (Plazos para instalaciones con proyecto)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisiones cada cinco años. • Inspecciones cada diez años. <p>2.-Pruebas estanqueidad en instalaciones enterradas. (Tanques simple pared o tanques enterrados sin cubeto estanqueo con tubo buzo)</p> <p>2.1. Pruebas de estanqueidad en depósitos optativa entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada año (IP-04) o Cinco años (IP-03), pudiéndose realizar con producto en el tanque y la instalación en funcionamiento por métodos sustitutivos aprobados. - Cada cinco años (IP-04) o Diez años (IP-03), en tanque vacío, limpio y desgasificado, tras examen visual de superficie interior y medición de espesores. <p>2.2. Pruebas de estanqueidad en tuberías.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cada cinco años las tuberías deben someterse a prueba de estanqueidad. <p>3.-Pruebas del correcto funcionamiento de la protección activa. (Instalaciones enterradas dotadas de la misma)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tanques de capacidad no superior a 10 m³ cada cinco años • Tanques y grupos con capacidad no superior a 60 m³ cada dos años. • Tanques y grupos con capacidad superior a 60 m³ cada año. <p>4.-Otras revisiones reglamentarias</p> <p>4.1 Inspección periódica de baja tensión. (Anual) Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.</p>

- Las distancias y medidas reductoras continúan siendo las mismas.

- Las capacidades globales no han sufrido modificación.

- Las instalaciones inspeccionables visualmente: el correcto estado de las paredes de los cubetos, cimentaciones de depósitos, vallado, cerramiento, drenajes, bombas, equipos, instalaciones auxiliares, etc.

- En caso de existir puesta a tierra, se comprobará la continuidad eléctrica de las tuberías o del resto de elementos metálicos de la instalación en caso de no existir documento justificativo de haber efectuado revisiones periódicas por el servicio de mantenimiento de la planta.

- En los depósitos y tuberías inspeccionables visualmente, se comprobará el estado de las paredes y medición de espesores si se observa algún deterioro en el momento de la inspección.

- Para el resto de depósitos y tuberías, se realizará la prueba de estanqueidad, conforme a norma, código o procedimiento de reconocido prestigio. Esta prueba se realizará en los plazos establecidos en cada ITC.

- No será necesaria la realización de esta prueba en las instalaciones que estén dotadas de detección de fugas, pero sí la comprobación del

correcto funcionamiento del sistema de detección.

- Comprobación si procede, de:

- Reserva de agua.
- Reserva de espumógeno y copia del resultado del análisis de calidad.
- Funcionamiento de los equipos de bombeo.
- Sistemas de refrigeración.
- Alarmas.
- Extintores.
- Ignifugado.

- Comprobación del correcto estado de las mangueras y boquereles.

- Comprobación de la protección catódica.

En caso procedente:

- Comprobación de potenciales de protección catódica.

- Comprobación del correcto funcionamiento del sistema de detección de fugas.

- Certificación de ausencia de producto en tubo buzo.

- Certificación de instalación eléctrica conforme a los requerimientos que con carácter anual le son exigibles a los locales e instalaciones con riesgo de incendio y explosión.

- Inspección y certificación del sistema de protección contra incendios.

4. Bibliografía

[1] Storch de Gracia, JM "Almacenamiento de productos inflamables para la Industria Química"

[2] N.F.P.A. (National Fire Protection Association, EE. UU) "Manual de protección contra incendios" Edición española MAPFRE

[3] R.D. 668/1980 "Sobre Almacenamiento de Productos Químicos" ITC MIE APQ-001.

Instrucción Técnica Complementaria sobre almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.

[4] R. D. 2085/1994, de 20 de octubre, "Reglamento de Instalaciones Petrolíferas" y Real Decreto 1523/99, de 1 de octubre que modifica al anterior.

Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 01 "Refinerías".

Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 02 "Parques de almacenamiento."

Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 03 "Instalaciones petrolíferas para uso propio.

Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 04 "Instalaciones fijas para distribución al por menor de carburantes y combustibles petrolíferos en instalaciones de venta al público.

[5] Reglamento Petrolífero 1936 y disposiciones complementarias

[6] Reglamento 1975 "Seguridad de Refinerías de Petróleo y Parques de Almacenamiento de Productos Petrolíferos" y otras disposiciones.

[7] Orden de 21 de junio de 1968 por la que se aprobaba el "Reglamento sobre utilización de productos petrolíferos para calefacción y otros usos no industriales"

[8] Recopilación de Normas UNE de Instalaciones Petrolíferas. Ingeniería Mecánica. Tomo 18 AENOR.

[9] Ruiz, M.A. Procedimientos de inspección de ITEVELESA PI-IP-01, PI-IP-02 y PI-IP-03

IQ

**Los Mejores Suministradores
de Equipos y Servicios
están en la
Guía de Compras
de las páginas finales de la revista**