

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y
Petroquímica**



**PROYECTO DE UN PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE
UN SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE
ABASTECIMIENTO DE
COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**

Informe de Suficiencia para optar
el Título Profesional de

INGENIERO PETROQUIMICO

César Enrique Nonaka Ulloa

Lima – Perú
2006

SUMARIO

Objetivo

Presentar una metodología de evaluación del sistema contra incendio de una planta de abastecimiento de combustibles.

Capitulo I

En este capitulo se trata los conceptos y definiciones básicas que deben ser conocidos y que serán utilizados en el desarrollo de los capítulos siguientes.

Capitulo II

En este capitulo se presenta y expone las normas legales nacionales y las normas técnicas de aceptación internacional, cuyos mandatos y recomendaciones, respectivamente, serán utilizados en la propuesta de la metodología a desarrollar.

Capitulo III

En este capitulo se describe una planta de abastecimiento y sus diferentes sistemas de operación, entre ellos el sistema contra incendio sobre el que se desarrolla la metodología proyectada.

Capitulo IV

Es el Capitulo central del trabajo que esta constituido por la metodología propuesta utilizable para la evaluación de los sistemas contra incendio de las plantas de abastecimiento de combustible.

INDICE

INTRODUCCIÓN	3
ASPECTOS BÁSICOS	5
1.1 El Petróleo y sus Derivados	5
1.2 Etapas de la Industria de Hidrocarburos	5
1.3 Principales Instalaciones de la Industria de Hidrocarburos.....	7
1.4 Clasificación de los Líquidos Inflamables y Combustibles.....	8
1.5 Propiedades Físicas de los Líquidos Inflamables y Combustibles	9
1.6 Parámetros Característicos.....	12
1.7 Conceptos Químicos Básicos	15
1.8 Fuego.....	19
1.8.1 Tetraedro del Fuego	20
1.8.1.1 Combustible.....	21
1.8.1.2 Comburente	22
1.8.1.3 Energía de Activación.....	22
1.8.1.4 Reacción en Cadena	23
1.8.2 Tipos de Fuegos	24
1.8.3 Extinción de Incendios.....	25
1.8.4 Agentes Extintores.....	27
1.8.4.1 Dióxido de Carbono	27
1.8.4.2 Polvo Químico Seco	28
1.8.4.3 Espumas.....	29
1.8.4.4 El Agua	32
1.9 Estudio de Riesgos	32
DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS TÉCNICAS.....	33
2.1 Disposiciones Legales.....	33
2.1.1 Ley Orgánica de Hidrocarburos (Ley N° 26221).....	33
2.1.2 Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos (D.S. N° 052-93-EM)	33
2.1.3 Reglamento de Seguridad en la Industria del Petróleo (RM-0674-78-EM/DGH).....	34
2.2 Normas Técnicas.....	34

PLANTA DE ABASTECIMIENTO.....	45
3.1 Generalidades.....	45
3.2 Clases	46
3.3 Áreas de una Planta de Abastecimiento.....	46
3.3.1 Área de Almacenamiento.....	46
3.3.1.1 Tanques de Almacenamiento.....	46
3.4 Sistemas de una Planta de Abastecimiento.....	54
3.4.1 Sistema Contra Incendios.....	54
3.4.1.1 Fuentes de Abastecimiento y Almacenamiento del Agua.....	54
3.4.1.2 Equipos de Presurización (Bombas Contra Incendios).....	55
3.4.1.3 Red de Distribución	59
3.4.1.4 Sistema de Espuma Contra Incendio.....	69
3.4.1.5 Equipos Portátiles.....	76
3.4.1.6 Sistema de Alarma	76
3.4.1.7 Personal.....	76
3.4.1.8 Procedimientos.....	76
3.4.2 Sistema de Drenaje y Tratamiento de Efluentes.....	77
EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.....	79
4.1 Generalidades.....	79
4.2 Revisión Información Técnica	80
4.3 Análisis de la Información Técnica	82
4.4 Trabajo de Campo.....	92
4.4.1 El Área de Almacenamiento	92
4.4.2 Del Sistema Contra Incendio	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
Conclusiones.....	110
Recomendaciones.....	111
BIBLIOGRAFÍA	112

INTRODUCCIÓN

En los albores de la humanidad el hombre percibe las manifestaciones de la energía en forma de fuego en la erupción de los volcanes o el fuego iniciado por los rayos que acompañan a las tormentas.

Esas manifestaciones hicieron de los primeros hombres víctimas y beneficiarios de los efectos del fuego, víctimas: por su poder destructivo y su presentación aterradorante por ser un fenómeno desconocido, y beneficiarios por que, una vez conocido fue usado como arma de ataque y defensa, como medio para soportar las inclemencias climáticas, como medio de iluminación, como medio de cocción, todo esto, en sus inicios quemando madera; es así como los primeros hombres, podría decirse que domesticaron el fuego, adquiriendo las costumbres más elementales de protección, calentamiento, iluminación y cocción.

Estas costumbres transformadas en necesidades satisfechas por el fuego, con el transcurrir de los tiempos generan otras necesidades, como descubrir otras fuentes de energía, principalmente para obtener calor.

Entre los nuevos descubrimientos se conoce el petróleo, fuente energética de consumo masivo en diferentes calidades, que a su vez generó otras necesidades como la purificación, transporte, almacenamiento, etc. del petróleo crudo y sus derivados.

Aquellas nuevas actividades trajeron consigo nuevos peligros y riesgos, con consecuencias fatales, pérdidas económicas y contaminación del medio ambiente, principalmente por incendios, que obligó implementar formas y sistemas de prevención y mitigación de incendios, en las diferentes instalaciones relativas a esas sustancias.

En tanto las pérdidas humanas, las pérdidas de inversión, pérdidas de la integridad del medio ambiente, que en todos los casos no tienen precio, o son irrecuperables. Por tales consecuencias, los comprometidos en esta industria desarrollaron procedimientos para las etapas de instalación y operación de las diferentes plantas relativas con lo combustibles, como por ejemplo las plantas de abastecimiento.

La seguridad, condición abstracta, se concretiza en instalaciones físicas para ser operadas con procedimientos preestablecidos en casos de emergencia.

En el presente trabajo, a través de cuatro capítulos, se pretende establecer una metodología de evaluación de las instalaciones físicas y procedimientos de

acuerdo a normas, para determinar una confiabilidad aceptable que permita operar con confianza una planta de abastecimiento.

En el primer capítulo se presenta una secuencia de conceptos y definiciones necesarias para el mejor entendimiento de los capítulos siguientes, empezando por hacer un recuento de los procesos e instalaciones involucradas para poner a disponibilidad de los usuarios los derivados del petróleo crudo, cuyas características y propiedades se describen posteriormente. También se expone un resumen de los conocimientos relativos a la producción del fuego y las teorías y los medios para extinguirlos.

En el segundo capítulo se explica y describe las normas en sus formas legales y técnicas, y de ellos los más representativos, los cuales serán utilizados en el capítulo cuarto, empezando por la legislación nacional vigente y continuando con las normas técnicas de aceptación internacional.

En el capítulo tres, se describe en forma pormenorizada una planta de abastecimiento, y de ella principalmente los elementos que constituyen el sistema contra incendio, la que es desarrollada en detalle en su forma, dimensiones, materiales, usos etc.

En el capítulo cuatro se expone el proyecto de evaluación del sistema contra incendio de una planta de abastecimiento, presentando una serie de protocolos, procedimientos, recomendaciones que podrían ser usados durante la apreciación de una instalación.

CAPITULO I

ASPECTOS BÁSICOS

1.1 El Petróleo y sus Derivados

1.1.1 El Petróleo

Es un líquido aceitoso bituminoso, mineral natural existente a diferentes profundidades de la corteza terrestre y en muchos lugares de la Tierra, se denomina también petróleo crudo, crudo petrolífero o solamente crudo, es una mezcla de miles de hidrocarburos, cada uno de los cuales tiene sus propiedades químicas y físicas características y su fórmula molecular, la composición de los hidrocarburos varía desde los muy ligeros, tal como el CH_4 , que se evapora rápidamente a temperaturas normales de la tierra, hasta los compuestos densos, tal como $\text{C}_{62}\text{H}_{126}$, que es apenas líquido a temperatura ambiente, también puede contener pequeñas cantidades de compuestos de azufre y de oxígeno.

1.1.2 Derivados del Petróleo

Según el Reglamento aprobado por el D.S. 045-2001, son derivados del petróleo los:

- **Combustibles:** Gasolinas, Turbo A-1, Kerosene, Diesel N° 2, Petróleos Industriales, IFO's.
- **Asfaltos**
- **Bases Lubricantes:** ABN 400, ABN 1200, etc
- **Grasas**
- **Solventes:** Solvente N° 1 y Solvente N° 3
- **Plásticos:** Polietileno, Poliuretanos
- **Etc.**

1.2 Etapas de la Industria de Hidrocarburos

Se distinguen las actividades principales como:

- Exploración
- Explotación
- Transporte
- Refinación
- Almacenamiento
- Distribución

1.2.1 Exploración

Es el planeamiento, ejecución y evaluación de estudios geológicos, geofísicos, geo-químicos y otros; así como la perforación de Pozos Exploratorios y actividades conexas necesarias para el descubrimiento de Hidrocarburos; incluyendo la perforación de Pozos Confirmatorios para la evaluación de los reservorios descubiertos.

1.2.2 Explotación

Involucra actividades como la planificación de la perforación, la perforación, la completación y la producción, cuyos objetivos es la extracción del crudo del subsuelo.

Figura 1.1: Pozo de Perforación



1.2.3 Transporte

El transporte, es una actividad de conexión, que interviene en diferentes etapas de la industria del petróleo, tal es así, que está presente en el traslado del crudo desde los pozos hasta los centros de acopio, de allí a las refinerías, de las refinerías a las plantas de abastecimiento y luego a los puntos de venta al público, citando solamente, los transportes más representativos, los que se realizan ya sea por ductos, por tanques transportables terrestres, acuáticos y en algunos casos por medio aéreo.

1.2.4 Refinación

El petróleo crudo que es extraído de un pozo antes de que pueda ser utilizado tiene que ser procesado en las Refinerías o plantas de procesamiento para obtener los combustibles y otros productos derivados de los hidrocarburos utilizados en la industria, para lo cual debe pasar por alguno de estos procesos:

- **La Destilación Fraccionada** que constituye el método primario de la refinación y consiste en la aplicación de temperatura al petróleo para separar los productos que lo conforman en función de los distintos puntos de ebullición de cada uno de ellos.

- **El Cracking Catalítico**, consiste en someter al petróleo a una elevada presión y temperatura en presencia de un catalizador, de esta forma los aceites densos se descomponen en cuerpos más ligeros.
- **La Hidrogenación**, es el proceso del cracking catalítico en una atmósfera de hidrógeno, por medio del cual los hidrocarburos no saturados absorben hidrógeno.
- **La Polimerización** utiliza una elevada presión y temperatura y un catalizador para combinar gases volátiles ligeros y formar gasolina.
- **El Cracking Térmico** transforma los aceites densos en gasolina mediante elevadas presiones y temperaturas aplicadas durante un tiempo determinado.
- **Reformación Catalítica** Consiste en la conversión de componentes parafínicos y nafténicos a Hidrocarburos Aromáticos mediante reacciones de deshidrogenación, isomerización e hidrocraqueo.
- **Alquilación** Consiste en la combinación de olefinas (propileno, butileno y pentenos) con isobutano, en presencia de ácidos fuertes (HF o H₂SO₄) como catalizador.
- **Isomerización** Consiste en la conversión de las parafinas lineales en ramificadas de mayor RON empleando un catalizador a base de Pt/Al₂O₃ o Pt/Zeolita en presencia de hidrógeno.

1.2.5 Almacenamiento

El petróleo y sus derivados en la cadena de su transformación y su disponibilidad para su utilización requiere almacenarlo, en depósitos de diferentes tamaños y formas, que puede ser en una primera clasificación sistemas “convencionales” y sistemas “no convencionales”.

Los almacenamientos denominados convencionales consisten en Tanques Superficiales Fijos, Tanques Móviles, Tanques Enterrados y Tanques Monticulados.

En cuanto al almacenamiento no convencional puede ser en pozas abiertas, en cavernas, en tanques de concreto pre – tensado, plataformas marinas.

1.2.6 Distribución

En este proceso intervienen distribuidores mayoristas y minoristas y se emplean todos los medios posibles para el transporte y venta: redes de tubería, camiones tanques, barcazas, barcos, estaciones de servicio, grifos, grifos rurales, etc.

1.3 Principales Instalaciones de la Industria de Hidrocarburos

1.3.1. Campo petrolero.- Es la zona donde se encuentra la fuente del crudo y sus instalaciones de extracción y bombeo, que también puede comprender tanques de almacenamiento.

1.3.2 El sistema de transporte.- En la etapa de acopio de hidrocarburos normalmente el sistema de transporte está compuesto por ductos para el transporte del crudo, que incluye a las tuberías, válvulas, accesorios, instrumentación de medición y control, etc. Sin embargo, si consideramos toda la cadena de distribución del petróleo y sus derivados observamos que también se

puede dar a través del transporte en tanques, como por ejemplo: Vagones cisterna, camiones cisterna, buques tanque, barcazas, etc.

1.3.3 Tanques de Almacenamiento y/o Baterías.- El hidrocarburo transportado es almacenado en tanques, para luego ser enviado ya sea por ductos o por medio de buques tanques a los centros de refinación.

1.3.4 Refinerías.- Son complejos industriales, que constan de una gran área habilitada, donde se ubica la planta procesadora de hidrocarburos, los tanques de almacenamiento de crudos y productos limpios, talleres de mantenimiento y edificios administrativos, la mayoría de ellos también comprende un terminal marítimo o fluvial.

1.3.5 Plantas de Abastecimiento.- Instalación donde se realizan operaciones de recepción, almacenamiento, transferencia, agregado de aditivos y despacho de combustibles y de Otros Productos Derivados de Hidrocarburos. En el país también se les denomina Plantas de Venta.

Están prohibidas de realizar mezclas, excepto las vinculadas al biodiesel y alcoholes, requiriendo para ello de instalaciones especiales, aprobadas por OSINERG, que garanticen la homogenización de las mezclas y su conformidad con las Normas Técnicas Peruanas.

1.3.6 Instalaciones del Consumidor.- Que pueden ser para la venta o consumo propio; según el caso se sub-dividen en: estaciones de servicio, grifos, grifos rurales y consumidores directos.

1.4 Clasificación de los Líquidos Inflamables y Combustibles

A efectos de la protección contra incendios se ha tomado la clasificación indicada en la NFPA 30, para líquidos inflamables y combustibles, que se basa en la división de los líquidos, que pueden arder en tres categorías.

Es conocido el hecho de que, en la mayor parte de las zonas geográficas, las temperaturas interiores pueden llegar a los 100 °F (37.8 °C) durante alguna época del año; por ello, a todos los líquidos cuyo punto de inflamación éste por debajo de los 100 °F (37.8 °C) se les llama líquidos de Clase 1.

En algunas zonas, la temperatura ambiente puede exceder de los 100 °F (37.8 °C) y bastaría un grado moderado de calentamiento para elevar la temperatura de algunos líquidos hasta su punto de inflamación, sobre esta base, se estableció otra división arbitraria entre los 100 °F (37.8 °C) y los 140 °F (60 °C) para los líquidos de Clase II.

Los que tienen un punto de inflamación superior a los 140 °F (60 °C) demandarían para su ignición una considerable aportación de calor de una fuente independiente de la temperatura ambiente; esos se identifican como líquidos de Clase III.

1.4.1 Líquidos Inflamables

Los líquidos inflamables tienen puntos de inflamación por debajo de los 100 °F (37.8 °C) y presiones de vapor que no exceden de los 40 PSIA (2068.6 mm de Hg) a 100 °F (37.8 °C) (PSIA= Libra/ pulgada cuadrada, absoluta)

En la **Clase I** se incluyen todos los líquidos de estas características, subdivididos del siguiente modo:

Clase IA. Incluye líquidos con punto de inflamación por debajo de los 73 °F (22.8 °C) y temperatura de ebullición por debajo de los 100 °F (37.8 °C)

Clase IB. Líquidos con punto de inflamación por debajo de los 73 °F (22.8 °C) y temperatura de ebullición igual o por encima de los 100 °F (37.8 °C)

Clase IC. Líquidos con punto de inflamación superior o igual a los 73 °F (22.8 °C) pero por debajo de los 100 °F (37.8 °C)

1.4.2 Líquidos Combustibles

Los líquidos con punto de inflamación igual o superior a los 100 °F reciben el nombre de líquidos combustibles.

En los líquidos de la **Clase II** se incluyen los que tienen punto de inflamación superior o igual a 100 °F (37.8 °C) pero inferior a 140 °F (60 °C)

En los líquidos de **Clase III** se puede encontrar la siguiente subdivisión:

Clase IIIA. Cuando tienen punto de inflamación igual o mayor a 60 °C (140 °F), pero menor de 93 °C (200 °F).

Clase IIIB. Se incluyen a aquellos que tienen punto de inflamación igual o mayor a 93 °C (200 °F).

1.5 Propiedades Físicas de los Líquidos Inflamables y Combustibles

A continuación, se proporcionan datos adicionales sobre algunas propiedades de los líquidos inflamables y combustibles importantes para la elaboración del estudio de riesgos, elección de los materiales de construcción de la planta de abastecimiento, la calibración de los equipos de control, elección de los tipos de equipos, tanques y características del sistema contra incendio.

1.5.1 Densidad Relativa

El término densidad considera la cantidad de masa contenida en determinado volumen y se utiliza en términos absolutos o en términos relativos. La *densidad relativa* expresa la relación entre la masa de una sustancia y la masa del mismo volumen de agua, es decir, la relación de la densidad de un líquido comparada con la densidad del agua a una temperatura de 4°C y una presión (atmosférica) estándar, esta medida es adimensional.

1.5.2 Densidad Relativa de un Vapor

La densidad de un vapor es el peso por unidad de volumen de un gas puro o de un vapor. En el campo de la protección contra incendios, interesa fundamentalmente la densidad relativa de los vapores respecto al aire, que expresa la relación existente entre el peso de un volumen determinado del vapor y el peso de idéntico volumen determinado del aire y el peso de idéntico volumen de aire bajo iguales condiciones de presión y temperatura. Al respecto, el concepto de densidad relativa de un vapor es similar al de densidad relativa de un líquido, pero utilizando como término de comparación el aire en vez del agua.

El aire se toma como unidad y la densidad del vapor como relación. Una densidad del vapor de 3 (3:1) indica que el vapor es tres veces tan denso o tan pesado como el aire.

$$\text{Densidad Relativa de un Vapor} = \frac{\text{Peso Molecular de la Sustancia (PM)}}{\text{Peso de la Composición Molecular del Aire}}$$

$$\text{Densidad Relativa de un Vapor} = \frac{\text{PM}}{29}$$

Las densidades de vapor indican sólo la tendencia de un vapor a elevarse o asentarse.

1.5.3 Presión del Vapor

La presión de vapor o más comúnmente presión de saturación es la presión a una temperatura definida, en la cual la fase líquida y vapor se encuentran en equilibrio; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas. En la situación de equilibrio, las fases reciben la denominación de líquido saturado y vapor saturado.

En un líquido confinado en un recipiente cerrado, con un espacio libre por encima del líquido, ocupado por una mezcla de vapor - aire, el porcentaje de vapor del líquido en el recipiente, está en proporción directa a la relación existente entre la presión del vapor del líquido y la presión total de la mezcla, por ejemplo, la acetona, a una temperatura de 100 °F (37.8 °C) tiene una presión de vapor de 7.6 PSIA (393 mm de Hg), suponiendo que la presión total sea de 14.7 PSIA (presión atmosférica), equivalente a 760 mm de Hg, la proporción de vapor de acetona presente será de 7.6/14.7 (393/760) o 52%.

Si se conoce el punto de inflamación de un líquido en vaso cerrado y la presión de su vapor a la temperatura de su punto de inflamación, puede calcularse el límite inferior de inflamabilidad del vapor (a la temperatura del punto de inflamación) expresado en porcentaje volumétrico a la presión atmosférica normal, tal como se indica a continuación.

$$\text{Limite Inferior de Inflamabilidad (LII)} = \frac{V}{0.147}$$

Donde LII es el porcentaje de vapor en volumen en su límite inferior de inflamabilidad y V es la presión de vapor, en PSIA, a la temperatura del punto de inflamación. A otras presiones, se calcula del siguiente modo:

$$LII = \frac{100 V}{P}$$

Donde P es la presión atmosférica ambiente en PSIA. Esta segunda fórmula también permite calcular el LII (en %) a partir de otro sistema de unidades de medida. Tan sólo se precisa que V y P vengan expresadas en la misma medida (mm de Hg, atmósferas, Kg/cm², etc.). En una mezcla de líquidos inflamables volátiles, los efectos de las dos presiones de vapor, en conjunto, dependen generalmente de si los dos líquidos son total o parcialmente miscibles o inmiscibles. Si son completamente miscibles, reducen recíprocamente sus valores de presión de vapor; si son casi totalmente inmiscibles, la presión del vapor de la mezcla es la suma de la presión parcial de cada capa de líquido (Ley de Dalton de la presión parcial); si ambos líquidos son parcialmente miscibles, las relaciones son más complejas.

1.5.4 Índice de Evaporación

El índice de evaporación, es la velocidad a que un líquido pasa a estado de gas o vapor a una temperatura y presión dada. Todos los materiales se evaporan, pero lo importante para la protección contra incendios es la diferente velocidad de evaporación de las mezclas.

En general el disminuir el punto de ebullición, la presión de vapor y el índice de evaporación aumenta.

1.5.5 Viscosidad

La viscosidad de un líquido es la medida de su resistencia a la fluencia, que resulta de la combinación de efectos de adhesión y cohesión; o, dicho de otra manera, es la medida de la fricción interna de un fluido. Aunque existen diferentes aparatos reconocidos para determinar la viscosidad, los principios de medición son los mismos. Se trata de medir el tiempo necesario para que una cantidad predeterminada del líquido fluya a un recipiente o a través de un orificio de dimensiones prescritas y a una temperatura especificada determinándose la viscosidad cinemática, la que relacionada con la densidad da la viscosidad dinámica o absoluta.

1.5.6 Solubilidad en Agua

La solubilidad es una medida de la capacidad de una determinada sustancia para disolverse en un líquido (agua). Cuando la concentración de una disolución alcanza la solubilidad, se dice que estamos en presencia de una solución saturada; bajo algunas condiciones puede sobrepasarla, denominándose solución sobresaturada.

1.5.7 Tensión Superficial

Se denomina así al fenómeno por el cual la superficie de un líquido tiende a comportarse como si fuera una delgada película elástica, esto se debe a las propiedades de cohesión y adhesión debido a la atracción molecular. A nivel microscópico, la tensión superficial se debe a que las fuerzas que afectan a cada molécula son diferentes en el interior del líquido y en la superficie. Así, en el seno de un líquido cada molécula está sometida a fuerzas de atracción que en

promedio se anulan. Esto permite que la molécula tenga una energía bastante baja. Sin embargo, en la superficie hay una fuerza neta hacia el interior del líquido. Rigurosamente, si en el exterior del líquido tenemos un gas, existirá una mínima fuerza atractiva hacia el exterior, pero en realidad esta fuerza es despreciable debido a la gran diferencia de densidades entre el líquido y el gas.

1.6 Parámetros Característicos

A continuación se expone los parámetros característicos de los líquidos inflamables y combustibles.

1.6.1 Punto de Inflamación

Es la mínima temperatura a la que una sustancia combustible, en presencia de aire, emite suficiente cantidad de vapor para que la mezcla sea susceptible de inflamarse, en presencia de un foco de ignición o por un aporte de una energía de activación externa. Este término suele aparecer en la bibliografía inglesa bajo el nombre de flash- point.

Un vapor mezclado con aire en proporciones inferiores al límite mínimo de inflamabilidad puede arder en la inmediación de la fuente de ignición, es decir, en la zona que rodea inmediatamente a esa fuente, sin que las llamas se propaguen. El punto de inflamación de un líquido corresponde aproximadamente a la temperatura más baja a la que la presión de vapor del líquido puede producir una mezcla inflamable en el límite inferior de inflamabilidad

Es esencial tener en cuenta que el punto de inflamación varía con la presión y contenido de oxígeno de la atmósfera, así como con la pureza del producto. Es muy posible obtener una mezcla inflamable muy por debajo del punto de inflamación determinado, si la presión fuera considerablemente inferior a una atmósfera.

1.6.2 Temperatura de Ignición (Temperatura de Autoignición, Temperatura de Ignición Autógena)

Es la mínima temperatura a la que debe calentarse un combustible en presencia de aire para producir su combustión espontánea, sin el aporte de una fuerza de activación externa o un foco de ignición.

La temperatura de autoignición de un combustible sólido está influenciada por los índices de circulación del aire de calentamiento o ventilación, y por las dimensiones y formas del sólido. Las pruebas a pequeña escala han demostrado que al aumentar la circulación del aire y el grado de calentamiento, la temperatura de ignición cae a un mínimo para después aumentar.

Ejemplos de Temperaturas de Autoignición de Combustibles

GASES	T (°C)	LIQUIDOS	T (°C)	SÓLIDOS	T (°C)
Acetileno	305	Acetona	355	Polietileno	349
Amoniaco	630	Alcohol E.	423	Poliestireno	488-496
Etileno	425	Benceno	560	PVC	454
Propano	450	Tolueno	480	Poliamida (Nyl)	424
Metano	538	White Spirit	232	Resinas fenólicas	571-580
Hidrógeno	595	(aguarras)		Papel periódico.	230
		Sulfuro Car.	102		

1.6.3 Punto de Ebullición

La temperatura a la que se iguala la presión de equilibrio del vapor de un líquido con la presión atmosférica total existente en su superficie se llama punto de ebullición. El punto de ebullición depende por completo de la presión atmosférica total (el punto de ebullición aumenta con la presión). Teóricamente, cualquier líquido puede hervir a la temperatura deseada si se altera lo suficiente la presión en su superficie, del mismo modo, a no ser que se produzca su descomposición, se puede hacer hervir cualquier líquido a cualquier presión cambiando suficientemente la temperatura.

La mayor parte de los líquidos y gases inflamables que existen hoy día en el mercado son mezclas, y no obedecen las leyes físicas que gobiernan las materias puras. Los puntos de ebullición de las mezclas se conocen por medio de sus curvas de destilación.

1.6.4 Límites de Inflamabilidad (Explosividad)

Se definen los límites de inflamabilidad como los límites extremos de concentración de un combustible en mezcla con un comburente.

El límite superior de inflamación: es la máxima concentración de vapores de combustible en el aire, por encima de la cual no se produce la combustión; y

El límite inferior de inflamabilidad: es la mínima concentración de vapores de combustible, en mezcla con el aire, por debajo de la cual no se produce la combustión.

Las concentraciones intermedias entre ambos límites están incluidas en el Intervalo de Inflamabilidad, y son todas las mezclas capaces de entrar en combustión, en este caso, la mezcla está dentro de su grado de inflamabilidad o de explosión, cuando se encuentra en el grado intermedio entre el LII y el LSI, la ignición se produce más intensa y violentamente que cuando la mezcla se aproxima a cualquiera de los dos límites. Una vez que se inicia la combustión es imprescindible un aporte continuo de combustible y de comburente para que se mantenga.

Las concentraciones se expresan en porcentaje en volumen de vapores de combustible en mezcla con un comburente, los valores que aparecen en la bibliografía se suelen dar en porcentaje de vapores de combustible en mezcla con aire.

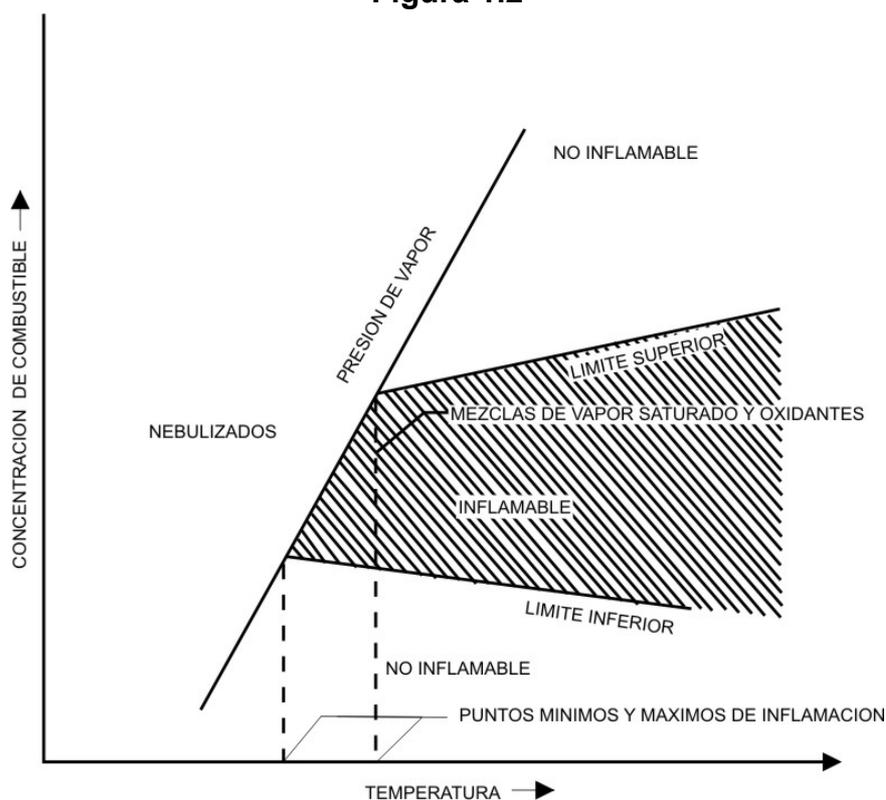
Ejemplos de Límites de Inflamabilidad de algunos Líquidos y Gases Comunes

Gases	LII	LSI	Líquidos	LII	LSI
	% en Volumen en el Aire			% en Volumen en el Aire	
Propano	2.2	9.5	Tolueno	1.2	7.1
Acetileno	2.5	100.0	Alcohol etil.	3.3	19.0
Amoniaco	1.5	28.0	Acetona	2.6	12.8
Etileno	2.7	36.0	Benceno	1.4	7.1
Metano	5.0	15.0	White spirit (aguarras)	1.1	6.0
Hidrógeno	4.0	75.0	Sulfuro de carbono	1.2	44.0

Punto Mínimo y Máximo de Inflamabilidad

Así como existe una temperatura mínima a la cual el combustible emite suficientes vapores como para alcanzar el límite inferior de inflamabilidad, existe una temperatura máxima por encima de la cual la concentración de vapor es demasiado alta, por lo que se supera el límite superior de inflamabilidad, y la combustión no se continúa por defecto de oxígeno. Estas temperaturas mínimas y máxima se llaman respectivamente punto mínimo y máximo de inflamabilidad.

Figura 1.2



En la figura 1.2, se representan los puntos mínimo y máximo de inflamación para combustible líquido en equilibrio con sus vapores en el aire.

Las temperaturas del punto de inflamación de un líquido varían en proporción directa con la presión ambiental.

Ejemplos de Puntos de Inflamación

COMPUESTOS	Puntos de inflamación (°C)
Alcohol etílico.	18.2
Tolueno	4.4
Acetona	-18.0
Benceno	-11.0
White spirit (aguarras)	38.0
Sulfuro de carbono	-38.0
Gasolina	-43.3

1.7 Conceptos Químicos Básicos

1.7.1 Reacciones químicas de Oxidación- Reducción

Las reacciones químicas de oxidación- reducción son aquellas en las que se produce un intercambio de electrones entre un oxidante que los gana y un reductor que los pierde, para que se produzca una reacción de óxido reducción es necesaria la presencia de un agente oxidante y de un agente reductor.

El agente oxidante más común es el oxígeno del aire, aunque existen otras sustancias que actúan como oxidantes al emitir fácilmente oxígeno, como por ejemplo el nitrato sódico (NaNO_3) o el clorato potásico, en sus moléculas, de tal forma que su oxidación puede realizarse sin aporte exterior del oxígeno.

El agente reductor será cualquier materia que no se encuentre en su estado de máxima oxidación; y la variación de este estado dependerá de su composición química.

Como se ha visto, en una reacción de óxido- reducción interviene un oxidante y un reductor, en terminología de incendios, el oxidante se denomina comburente y el reductor combustible, las reacciones que tienen lugar entre ambos se denomina combustiones.

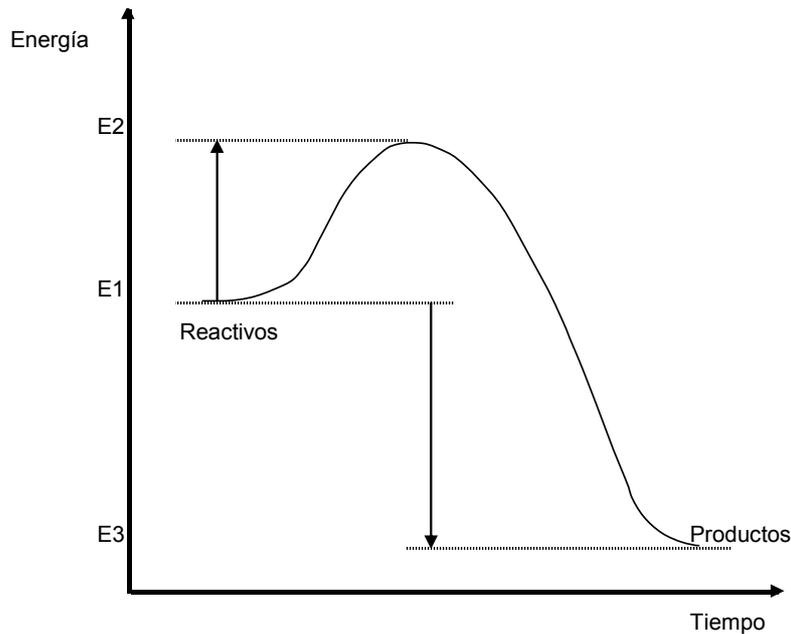
1.7.2 Energías de Reacción

Para que un fuego se inicie, es necesario que los reaccionantes (comburente y combustible) se encuentren en unas condiciones favorables en las que pueda producirse la reacción. La energía necesaria para que la reacción se inicie se denomina energía de activación y es proporcionada por las fuentes de ignición.

El calor de reacción es la energía que se gana o se pierde cuando tiene lugar una reacción. En una reacción endotérmica, los productos que se forman contienen más energía que los reaccionantes, para que la reacción continúe, es necesario un aporte constante de energía. En una reacción exotérmica, los productos que se forman contienen menos energía que los reaccionantes, esta energía se puede desprender de varias formas, pero por lo general lo hacen en forma de calor, cuando la cantidad de energía que se desprende en una reacción es muy elevada, se emite radiación luminosa o llamas.

En un fuego se producen reacciones de ambos tipos, siendo más importantes las exotérmicas.

Figura 1.3



En la figura 1.3 se representan las energías puestas en juego en una reacción exotérmica.

En una reacción exotérmica, parte de la energía se disipa al ambiente, provocando los efectos térmicos derivados del incendio, y el resto eleva la temperatura a más reactivos, aportando la energía de activación necesaria para que el proceso continúe.

1.7.3 Transmisión de Calor

El calor, o energía térmica, se transmite por tres formas diferentes: conducción, convección y radiación.

1.7.3.1 Conducción

Para que exista transmisión de calor por conducción se considera que el calor fluirá a través de un medio cuyas moléculas están fijas en sus posiciones, es decir un medio sólido. La experiencia ha demostrado que cuando existe un gradiente de temperatura en un cuerpo (sólido), hay una transferencia de energía de la región de alta temperatura a la de baja temperatura. Decimos que la energía es transferida por conducción y que la rapidez de transferencia de energía por unidad de área es proporcional al gradiente normal de temperatura:

$$q/A = \delta T / \delta x$$

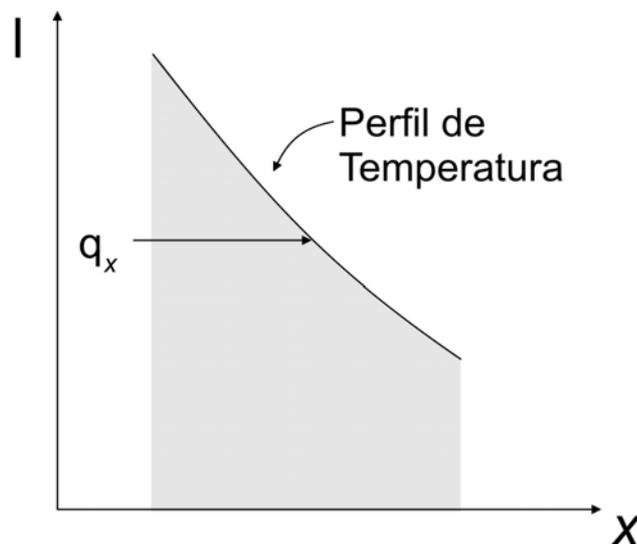
Cuando se inserta la constante de proporcionalidad,

$$q = -kA (\delta T / \delta x) \dots\dots\dots(1.1)$$

en donde q es la rapidez de transferencia de calor y $\delta T / \delta x$ es el gradiente de temperatura en la dirección del flujo de calor. A la constante positiva k se le llama

la conductividad térmica del material, y el signo menos se inserta para que se satisfaga el segundo principio de la termodinámica, es decir, el calor deberá fluir hacia abajo en la escala de temperatura, como se encuentra indicado en el sistema de coordenadas de la Fig. 1.4. A la Ec. 1.1 se le llama la ley de conducción de calor de Fourier en honor al físico matemático francés Joseph Fourier, quien realizó importantes contribuciones en el tratamiento analítico de la transferencia de calor por conducción. En un sistema de unidades típico en el que el flujo de calor es expresado en watts, k tiene las unidades de watts por metro por grado Celsius.

Figura 1.4: Esquema que muestra la dirección del flujo de calor



1.7.3.2 Convección

Para que exista transmisión de calor por convección se considera que el calor fluirá a través de un medio cuyas moléculas o partículas presentan movimiento relativo, es decir un **medio líquido, gaseoso**, o más genéricamente un **medio fluido**.

Ejemplos de medios fluidos: aire, agua, oxígeno, aceites, etc., todos ellos claro está que a presión y temperatura en que tengan estado gaseoso, líquido o con una viscosidad suficiente para permitir el movimiento relativo de sus partículas.

La convección puede ser **natural** o **forzada**.

Convección natural.

Es debida al gradiente térmico, y se justifica:

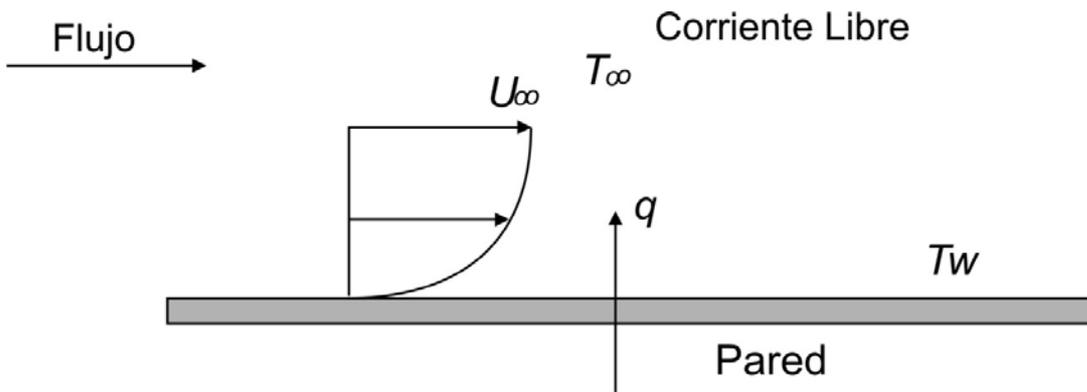
1. Por la diferencia de densidad o de peso específico que aparece debido a las diferentes temperaturas. Esto produce que el fluido más frío circule hacia abajo y el más caliente hacia arriba, produciendo una corriente ascendente. En esta consideración participa la fuerza de gravedad, pero en el caso que ésta no entre en juego por estar el sistema en el espacio exterior, la convección natural también tiene lugar, por el siguiente punto.
2. Las partículas líquidas o gaseosas tienen movimientos relativos continuos que aumentan al aumentar sus estados térmicos. Este movimiento transporta la energía calórica en forma de energía cinética

mientras se desplaza la partícula y va colisionando con los millones que encuentra en su camino, y a su vez éstas hacen lo mismo, verificándose una convección a nivel molecular de flujo muy turbulento. El movimiento de las partículas es conocido como **movimiento browniano**.

Convección forzada.

Es cuando se aplican medios mecánicos para hacer circular el fluido. Ejemplos: ventilador, bomba, agitador, etc.

Figura 1.5: Transferencia de calor por convección en una placa



Para expresar el efecto total de la convección, utilizamos la ley de enfriamiento de Newton:

$$q = hA(T_w - T_\infty) \dots\dots\dots(1-2)$$

Aquí la rapidez de transferencia de calor está relacionada con la diferencia de temperatura total entre la pared y el fluido, y el área de la superficie **A**. A la cantidad **h** se le llama el coeficiente de transferencia de calor por convección, y la Ec. 1-2 es la ecuación que lo define. Para algunos sistemas se puede realizar un cálculo analítico de **h**. Para situaciones complejas se deberá determinar experimentalmente. En algunas ocasiones se llama conductancia de película al coeficiente de transferencia de calor debido a su relación con el proceso de conducción en la delgada capa estacionaria de fluido sobre la superficie de la pared. En la Ec. 1-2 observamos que las unidades de **h** son watts por metro cuadrado por grado Celsius cuando el flujo de calor se expresa en watts. Este es el conjunto de unidades más utilizado. Tomando en cuenta el estudio precedente, podemos anticipar que la transferencia de calor por convección, además de su dependencia de las propiedades térmicas del fluido (conductividad térmica, calor específico, densidad), tendrá cierta dependencia de la viscosidad del fluido. Esto era de esperarse porque la viscosidad influye el perfil de velocidad y, de manera correspondiente, la rapidez de transferencia de energía en la región cercana a la pared.

1.7.3.3 Radiación

La expresión radiación se refiere a la emisión continua de energía desde la superficie de todos los cuerpos, esta energía se denomina energía radiante y se

encuentra en forma de ondas electromagnéticas que se propagan con la velocidad de la luz y se transmiten a través del vacío lo mismo que a través del aire (en realidad mejor que en el aire, puesto que son absorbidos por éste en cierta proporción). Cuando inciden sobre un cuerpo que no es transparente a ellas, como la superficie de la mano o las paredes de la habitación, son absorbidas y su energía es transformada en calor. La energía radiante emitida por una superficie de la o las paredes de la habitación, son absorbidas y su energía es transformada en calor.

Consideraciones termodinámicas muestran que un radiador ideal, o cuerpo negro, emitirá energía a una rapidez proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo. Cuando dos cuerpos intercambian calor por radiación, el intercambio de calor neto es entonces proporcional a las diferencias en T^4 . Así.

$$q = \sigma(T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(1-3)$$

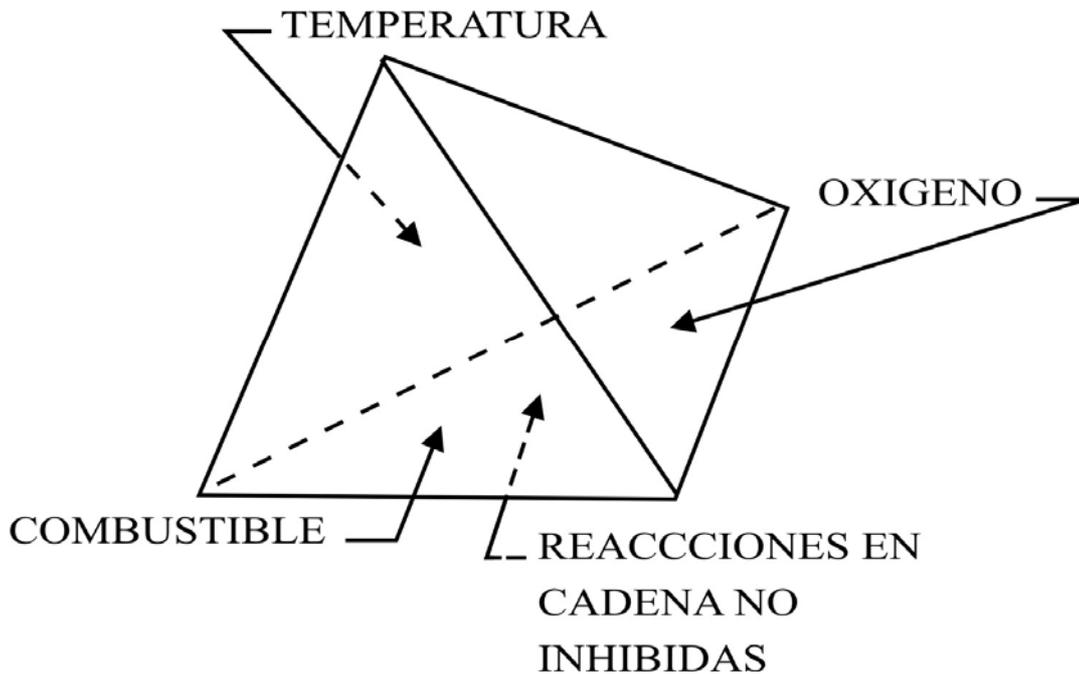
Donde σ es la constante de proporcionalidad y se le llama constante de Stefan-Boltzmann con el valor de $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$. A la Ec. 1-3 se le llama la ley de radiación térmica de Stefan-Boltzmann, y se aplica sólo a los cuerpos negros.

1.8 Fuego

El fuego es un proceso de reacciones químicas fuertemente exotérmicas de oxidación - reducción, en las que participan una sustancia combustible y una comburente, que se produce en condiciones energéticas favorables y en el que se desprende calor, radiación luminosa, humo y gases de combustión.

Como hemos visto, para que se inicie y mantenga un incendio se precisa la coexistencia de los cuatro elementos del tetraedro del fuego, representado en la figura 1.6

Figura 1.6: Tetraedro de Fuego

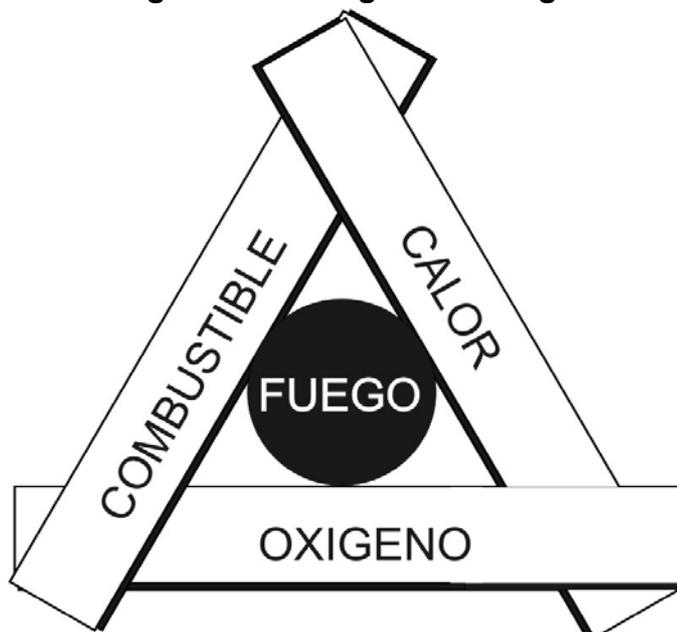


El análisis a priori en cada situación de riesgo de cada elemento permitirá determinar su peligrosidad relativa respecto al inicio, propagación y consecución del incendio.

1.8.1 Tetraedro del Fuego

Aunque los procesos de combustión son muy complejos, se pueden representar mediante un triángulo en el que cada uno de sus lados representa a uno de los tres factores esenciales para producir un fuego: combustible, comburente y temperatura a nivel suficiente alto, tal como se representa en la figura 1.7.

Figura 1.7 Triangulo de Fuego



Esta representación se aceptó durante mucho tiempo, sin embargo, muchos fenómenos anómalos no podían explicarse completamente sobre la base de este triángulo, para poder explicar tales fenómenos, es necesario incluir el cuarto factor: la existencia de reacciones en cadena, por ello se ha propuesto una nueva representación, que comprende las condiciones necesarias que se produzca el fuego, en forma de tetraedro, representado en la figura 1.6, la razón para emplear un tetraedro y no un cuadrado es que cada uno de los cuatro elementos está directamente adyacente y en conexión con cada uno de los otros tres. El retirar uno o más de los cuatro elementos del tetraedro hará que éste esté incompleto y, por consiguiente, el resultado será la extinción.

1.8.1.1 Combustible

Se define como combustible cualquier sustancia capaz de arder, es decir, capaz de combinarse con un comburente en una reacción rápida y exotérmica.

Como ejemplos tenemos:

- Carbón
- Monóxido de carbono
- Muchos compuestos ricos en carbono e hidrógeno (hidrocarburos)
- Elementos no metálicos fácilmente oxidables, tales como el azufre y el fósforo.
- Materiales que contengan celulosa, tales como madera, textiles, etc.
- Muchos metales como aluminio, magnesio, titanio, circonio, y los metales alcalinos, como el sodio, potasio, etc.

Peligrosidad de un combustible respecto a su posible ignición

Todos los combustibles arden o entran en combustión en fase gaseosa; cuando el combustible es sólido o líquido, es necesario un aporte previo de energía para llevarlo al estado gaseoso. La peligrosidad respecto a su ignición depende de una serie de variables:

- Adecuada concentración de Combustible - Comburente
- Temperatura mínima a la que el combustible emite suficientes vapores para alcanzar dicha concentración.
- Energía de activación que es necesario aportar a la mezcla para que se inicie el proceso y se desarrolle la reacción en cadena.

Estas variables se pueden analizar por medio de unas constantes físicas, propias de cada combustible. La más importante son:

- a) Límites de Inflamabilidad (o abusado)
- b) Punto de Inflamación
- c) Punto Mínimo y Máximo de Inflamabilidad
- d) Punto de Incendio

Existe otra temperatura particular y es aquella a la que un combustible emite vapores con suficiente velocidad para propiciar la combustión continuada. Dicha temperatura se denomina punto de incendio, y suele estar unos grados por encima del punto de inflamación.

- e) Temperatura de Autoignición

1.8.1.2 Comburente

Aunque un comburente es cualquier agente oxidante capaz de oxidar un combustible, en una reacción rápida y exotérmica, este término se suele aplicar a mezclas de gases en las cuales el oxígeno esté en proporción suficiente para que en su seno se inicie y desarrolle la combustión, ya que el oxígeno es el agente oxidante más común. Por ello, el aire, que contiene aproximadamente un 21% en volumen de oxígeno, es el comburente más común en todos los fuegos e incendios.

Algunas sustancias químicas desprenden oxígeno bajo ciertas condiciones, (NaNO_3 , KClO_3 , etc.); son agentes oxidantes cuya presencia puede provocar la combustión en ausencia de oxígeno; otros productos como la nitrocelulosa arde sin ser necesaria la presencia de aire por contener oxígeno en su propia estructura molecular.

A continuación se indica algunos ejemplos de agentes oxidantes:

- Oxígeno y ozono (aire)
- Peróxido de hidrógeno
- Ácidos nítrico y sulfúrico concentrados
- Óxidos de metales pesados, particularmente de aquellos que tienen valencia alta, tales como el dióxido de manganeso, dióxido de plomo, etc.
- Nitratos, cloratos, perboratos y peróxidos
- Cromatos, dicromatos, permanganatos, hipocloritos e hipobromitos.

1.8.1.3 Energía de Activación

Es la energía mínima que necesitan los reactivos para que se inicie una reacción, esta energía es aportada en la combustión por las fuentes de ignición, un foco puede provocar la ignición si su energía en intensidad (temperatura) y en extensión (cantidad de calor) es suficiente para aumentar la temperatura en una zona de la masa combustible por encima de su punto de autoignición. En la figura 1.1, la energía de Activación es igual a la diferencia entre la energía en el punto E2 y E1 ($E_2 - E_1$)

Las diferentes formas de aporte energético a la mezcla se pueden agrupar en:

- Energías de alta temperatura, extensión y larga duración: LLAMAS. Estos focos son los más peligrosos pues provocan prácticamente siempre el inicio y desarrollo del incendio.
- Energías de alta temperatura, pequeña extensión y corta duración: CHISPAS. Pueden superar la temperatura de autoignición y dar lugar a que la combustión se propague (tal es el caso de gases, vapores y polvos en suspensión aérea), o no llegar a ello (como en el caso de la madera)
- Energía de baja temperatura, independientes de la extensión y duración: SUPERFICIES CALIENTES. Cuando la temperatura de la superficie es inferior a la temperatura de autoignición del combustible, no llega a producirse la inflamación.

Los principales focos de ignición, se pueden clasificar según su origen en:

- Fuentes naturales
 - Rayos
 - Sol
- Fuentes eléctricas
 - Chispas y arcos
 - Cortocircuitos
 - Cargas estáticas
 - Sobrecargas
 - Recalentamientos
- Llamas abiertas
 - Mecheros, fósforos, velas, etc.
 - Hornos, quemadores, etc.
 - Condiciones térmicas ambientales
- Trabajos de soldadura y corte
 - Llamas
 - Conducción de calor
 - Chispas
 - Electrodo
- Fuentes mecánicas
 - Chispas de herramientas
 - Roces mecánicos
 - Chispas producidas por zapatos
 - Impactos
- Fuentes químicas
 - Reacciones exotérmicas
 - Fermentaciones y descomposiciones naturales
 - Diluciones
- Fuentes de origen intencionado

1.8.1.4 Reacción en Cadena

Las reacciones en cadena son los procesos mediante los cuales progresa la reacción en el seno de la mezcla comburente - combustible.

Aunque las reacciones químicas se suelen representar mediante una ecuación sencilla, en la que dos o más reactivos dan lugar directamente a los productos, el mecanismo real de la reacción puede no responder a esa ecuación, sino seguir un proceso complicado, con formación de radicales intermedios y ramificaciones, vueltas atrás, etc. Estos compuestos intermedios no suelen ser estables, por lo que igual que se producen, reaccionan y vuelven a desaparecer. Por ello, en las ecuaciones simplificadas no aparecen más que los reactivos iniciales y los productos finales.

En muchos casos, una mezcla de productos reactivos no reacciona si no se aporta una energía de activación necesaria para que tenga lugar la reacción.

A escala microscópica, la reacción en cadena del combustible - comburente es la que permite la propagación del incendio en el espacio y en el tiempo.

La reacción en cadena está asegurada y es inherente a la mayoría de los combustibles, siempre que el aporte energético sea suficiente y exista la mezcla combustible - comburente.

1.8.2 Tipos de Fuegos

Los fuegos se pueden clasificar de dos formas:

- Respecto al tipo de combustible
- Respecto al tipo de radiación luminosa producida (llama o incandescencia)

1.8.2.1 Por tipo de Combustible

Los tipos de fuego se denominan, en función del tipo de combustible que se oxide, para este trabajo, tomamos la normativa europea, la normativa americana difiere de la europea en los tipos "B" y "C",

- Fuegos tipo A: Sólidos
- Fuegos tipo B: Líquidos
- Fuegos tipo C: Gases
- Fuegos tipo D: Especiales

Antiguamente se incorporaba el grupo E, correspondiente a fuegos eléctricos, pero en estos fuegos el combustible es sólido, por lo que sería un fuego tipo A. Sin embargo las condiciones varían si el fuego se produce en presencia de corriente eléctrica, por lo que se añadió el subíndice E. De esta forma, los fuegos producidos en combustibles sólidos en presencia u originados por una corriente eléctrica se denominaban AE.

Los fuegos tipo D son aquellos que afectan a metales combustibles y a compuestos químicos reactivos.

1.8.2.2 Por tipo de Radiación Luminosa (con Llama o Incandescente)

El proceso de combustión puede tener lugar a dos formas diferentes: con llama (en el que se incluyen las explosiones) y superficial sin llama (en el que se incluyen las incandescencias y las ascuas de incandescencias profunda).

Los requisitos para la existencia de esta combustión continua se representan en la figura 1.6. Tal como se ve en esta figura, la combustión con llama se asocia con velocidades de combustión relativamente altas, expresadas en términos de liberación de energía térmica a partir de la energía química existente en los enlaces entre átomos, que, en unión a la relación peso - tiempo y del calor específico de los productos gaseosos de la combustión del cuerpo emisor, determinan la temperatura de la llama.

Los líquidos y gases inflamables arden siempre con llama, la velocidad de combustión de los gases es muy rápida, por lo que en muchos casos puede producirse la explosión.

La mayor parte de los plásticos sólidos pueden considerarse como líquidos inflamables solidificados y, como tales, funden antes de su combustión, cuando hay una realimentación térmica suficiente.

Algunos de los casos en que coexisten ambos tipos de combustión son: combustibles carbonosos sólidos, tales como el carbón; carbohidratos sólidos, como los azúcares; las celulosas sólidas, como la madera, la paja, el esparto y otras materias vegetales similares, y los plásticos termo endurecibles, que no funden. En estas últimas materias, la combustión empieza con llama y pasa de una forma gradual hacia una fase sin llama, durante la cual ambos modos actúan simultáneamente. Al final cesa la llama y prosigue la combustión residual sin llama.

Algunos ejemplos de combustión sin llama son la del carbono puro y la de algunos metales fácilmente oxidables, como el magnesio, aluminio, circonio, uranio, sodio, potasio, etc.

1.8.3 Extinción de Incendios

Como se observó al explicar el tetraedro del fuego, los elementos del fuego para que se produzca un incendio son:

- Combustible
- Comburente
- Energía (calor)
- Reacción en cadena

Si se elimina cualquiera de estos elementos, el tetraedro no estará completo y el resultado será la extinción del incendio.

Los medios de extinción se basan en la actuación de un agente extintor sobre uno o varios de los cuatro elementos.

1.8.3.1 Extinción por Enfriamiento

El mecanismo de extinción actúa disminuyendo la cantidad de calor hasta alcanzar temperaturas por debajo de la del punto de incendio, consiguiendo la extinción (figura 1.8)

El agente extintor que produce el mayor efecto de refrigeración es el agua, fundamentalmente en su paso de fase líquido a vapor, en el que absorbe 540 calorías por gramo de agua.

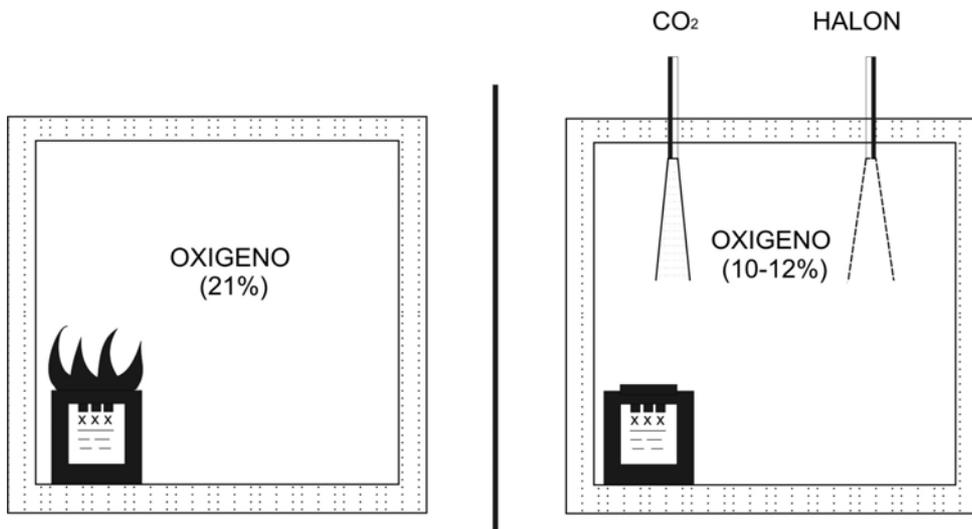
También tienen cierto efecto de refrigeración aunque mucho menor que el agua, el anhídrido carbónico (CO₂), halones y en menor medida el polvo antibrasa.

1.8.3.2 Extinción por Sofocación o Dilución del Oxígeno

Este mecanismo de extinción actúa sobre el oxígeno (comburente), eliminando por completo su contacto con el combustible, o diluyendo la concentración de oxígeno a valores que sitúan a la mezcla vapores de combustible - oxígeno por debajo del límite inferior de inflamabilidad (figura 1.7-1.8)

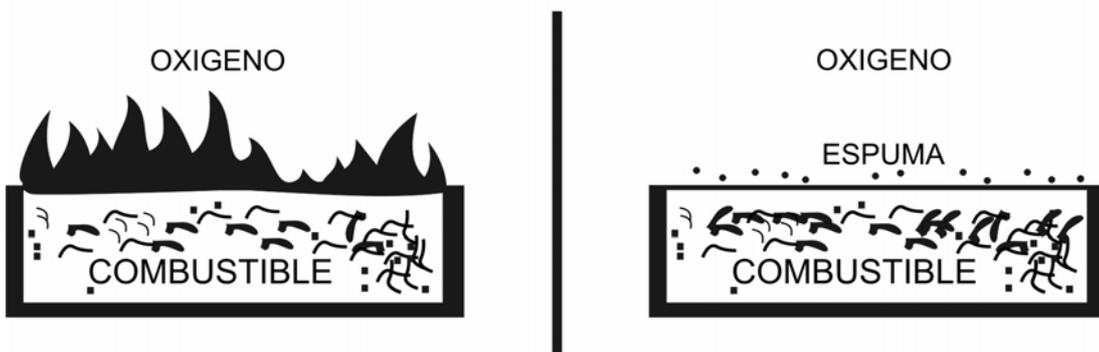
Los agentes extintores que actúan por dilución del comburente son el anhídrido carbónico y los halones.

Figura 1.8
DILUCION COMBURENTE



Las espumas intervienen por sofocación aislando el comburente del combustible. Este efecto se puede conseguir también por un sistema mecánico: tapando la boca de un recipiente en combustión, cubriendo con una manta a una persona cuya ropa se está quemando (figura 1.9).

Figura 1.9
SOFOCACION



1.8.3.3 Extinción por Eliminación del Combustible

La actuación se basa en la retirada total o parcial del combustible que se está quemando o del que se va a quemar con el avance del frente de llamas.

Esta técnica de extinción es la indicada en incendios de fugas de gases. Además, de tratarse del método menos arriesgado, su justificación reside en que si se apagara la llama de la fuga sin cortar el escape del gas, este formaría una nube mezclada, con el oxígeno, que al inflamarse daría lugar a una explosión de

consecuencias mucho mas graves que la combustión en el punto de fuga (figura 1.7).

1.8.3.4 Extinción por Emulsificación

Se logra una emulsión cuando se agitan juntos dos líquidos inmiscibles y uno de ellos se dispersa en el otro. La extinción por este procedimiento se logra aplicando agua a determinados líquidos viscosos inflamables, ya que el enfriamiento de la superficie de dichos líquidos viscosos, como el fuel-oil número 6, la emulsión aparece en forma de espuma espesa, que retrasa la emisión de vapores inflamables. Generalmente, para la extinción por emulsiónamiento se emplea una pulverización del agua relativamente fuerte y gruesa. Debe evitarse el empleo de chorros compactos que produciría espumaciones violentas.

1.8.3.5 Extinción por inhibición de las Reacciones en Cadena

El mecanismo de extinción se fundamenta en la inhibición de las reacciones en cadena, por un efecto de carácter químico (ver figura 1.8).

Los agentes extintores que proporcionan este efecto de inhibición química son los halones y el polvo químico seco.

1.8.4 Agentes Extintores

1.8.4.1 Dióxido de Carbono

El dióxido de carbono posee varias propiedades que lo convierten en un agente útil para la extinción de incendio. No es combustible y no reacciona con la mayor parte de las sustancias y proporciona su propia presión para descargarlo del extintor o del cilindro donde se almacene.

En forma de gas o como sólido finamente dividido se lo llama nieve o hielo seco, no conduce la electricidad y puede emplearse contra fuegos de equipos eléctricos en tensión. A su vez no deja residuos eliminando la necesidad de limpieza del agente. A continuación se describen las propiedades básicas del dióxido de carbono que influyen directamente sobre las propiedades de extinción.

Propiedades Termodinámicas

En condiciones normales, el dióxido de carbono es un gas. Se licua fácilmente por compresión y enfriamiento y puede convertirse en sólido si continúa comprimiéndose y enfriándose. El efecto de los cambios de temperatura y presión sobre el dióxido de carbono es el siguiente:

Cuando aumenta la temperatura y la presión, aumenta la densidad de la fase de vapor y decrece la de la fase de líquido. A los 31 °C se igualan las densidades de vapor y líquido y desaparece la separación clara entre las dos fases. Por encima de esta temperatura, el dióxido de carbono a alta presión sólo existe en forma gaseosa, con propiedades intermedias entre los estados normales de líquido y vapor.

Cuando se reduce la temperatura a los -75 °C puede estar presente en los tres estado en equilibrio entre sí. Esta temperatura se la llama punto triple. Por debajo del punto triple sólo pueden existir las fases de vapor y sólido. Por ello, a condiciones atmosféricas una porción de dióxido de carbono se transforma instantáneamente en vapor y el resto se enfría por evaporación y se convierte en nieve carbónica finamente dividida (*hielo seco*) a una temperatura cercana a -79 °C.

Propiedades de Descarga

Una descarga típica de dióxido de carbono líquido posee una apariencia de nube blanca, debido a las partículas finamente divididas de hielo seco transportadas con el vapor. Debido a la baja temperatura se produce alguna condensación de vapor de agua de la atmósfera, provocando niebla adicional, que persiste hasta algún tiempo después de que las partículas de hielo seco se han depositado y sublimado. El efecto de enfriamiento del hielo seco es generalmente beneficioso para reducir las temperaturas después del fuego.

Electricidad estática

Las partículas de hielo seco que se producen durante la descarga de dióxido de carbono pueden estar cargadas de electricidad estáticas.

Densidad del vapor

El dióxido de carbono tiene una densidad de una vez y media superior al aire a la misma temperatura. La descarga fría tiene una densidad mucho mayor, lo cual explica su capacidad para reemplazar al aire por encima de las superficies en ignición y mantener una atmósfera sofocante. Si se usa el dióxido de carbono como inundación total, su mezcla con el aire resultará más densa que el aire atmosférico.

Efectos fisiológicos

El dióxido de carbono está normalmente en la atmósfera a una concentración aproximada del 0,03 por ciento. En los seres humanos y los animales es un subproducto de la respiración celular. En el cuerpo humano, el dióxido de carbono actúa como regulador de la respiración, asegurando una cantidad de oxígeno adecuada al sistema. Hasta cierto punto, un aumento en el dióxido de carbono en la sangre aumenta la velocidad de la respiración, aumento que llega a la máxima a una concentración del 6 al 7 % de dióxido de carbono en el aire. A mayores concentraciones, el ritmo de respiración disminuye, hasta llegar al 25-30 % de dióxido en el aire, que tiene un efecto narcótico que hace que la respiración cese inmediatamente, incluso aunque haya oxígeno suficiente. Una menor cantidad de oxígeno hace que esa concentración narcótica sea mucho mayor y pueda llegar a causar la muerte por asfixia.

Se considera que el umbral de dióxido de carbono en el aire cuyos efectos dañinos resultan evidentes, es del 6-7 por ciento. Por encima del 9 %, la mayoría de las personas quedan inconscientes en poco tiempo. Como la concentración mínima del dióxido de carbono en el aire para extinguir un fuego es muy superior al 9 %, hay que prever las adecuadas medidas de seguridad con todos los sistemas de extinción de dióxido de carbono.

El hielo seco que se produce durante la descarga de dióxido de carbono puede producir quemaduras dada su baja temperatura. Es necesario prevenir al personal de que no debe tocar en ningún caso el hielo seco residual después de una descarga.

1.8.4.2 Polvo Químico Seco

El polvo seco es reconocido por su eficacia para la extinción de fuegos de líquidos inflamables. También puede emplearse contra fuegos de algunos tipos de equipo eléctrico. El polvo seco normal está limitado a aplicaciones para la extinción de fuegos superficiales con llama de los materiales combustibles sólidos.

Propiedades físicas

Los principales productos básicos que se emplean en la producción de polvos secos disponibles son: **bicarbonato de sodio, bicarbonato potásico, cloruro potásico, bicarbonato de urea- potasio y fosfato monoamónico.**

Estos productos se mezclan con varios aditivos para mejorar sus características de almacenamiento, de fluencia y de repulsión al agua. Los aditivos más comúnmente empleados son estearatos metálicos, fosfato tricálcico o siliconas que recubren las partículas de polvo seco para conferirles fluidez y resistencia a los efectos de endurecimiento y formación de costras por humedad y vibraciones.

Estabilidad

Los polvos secos son estables, tanto a temperaturas bajas como normales. Sin embargo, como algunos de los aditivos pudieran fundirse y hacer que los materiales fuesen pegajosos a temperaturas más altas, se recomienda, generalmente, una temperatura máxima de almacenamiento de 49 °C.

Toxicidad

Los ingredientes que se emplean actualmente en los polvos secos no son tóxicos. Sin embargo, la descarga de grandes cantidades puede causar algunas dificultades temporales de la respiración durante e inmediatamente después de la descarga y puede interferir gravemente con la visibilidad.

Dimensión de las partículas

La dimensión de las partículas de los polvos secos tiene un efecto definitivo sobre su eficacia extintora y se requiere un control cuidadoso para impedir que las partículas excedan del límite máximo o mínimo de su campo de eficacia. Se tiene los mejores resultados en mezclas heterogéneas con una partícula media de 20 a 25 micrones.

1.8.4.3 Espumas

Las espumas como agente extintor consisten en una masa de burbujas rellenas de gas que se forman a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas fórmulas. Dado que la espuma es más ligera que la solución acuosa de la que se forma y más ligera que los líquidos inflamables o combustibles, flota sobre estos, produciendo una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, enfría e impide el desprendimiento de vapor con la finalidad de detener o prevenir la combustión.

Espuma Química

La espuma química se obtiene a partir de la reacción de dos soluciones, una alcalina y otra ácida, generalmente bicarbonato de sodio (Componente B) y el sulfato de aluminio (Componente A). Estas sustancias vienen en dos tipos de polvo: el llamado polvo único (dos en uno) que está compuesto por una mezcla de las dos sustancias A y B necesarias para formar la espuma y el otro en el que los componentes A y B vienen separados para mezclarse con el agua en un generador con doble tolva. Asimismo, existen soluciones de estos polvos para mezclarse con agua.

Espuma Mecánica

Las espumas químicas ya pasaron de moda y se sustituyeron con espuma “mecánica” o “de aire”. Las burbujas que estas espumas producen, son el resultado de la introducción mecánica de aire atmosférico dentro de una solución de agua y un líquido concentrado de espuma.

La espuma mecánica se genera de una variedad de líquidos de espuma especialmente formulados, como proteína regular, fluoroproteína, película de formación acuosa, así como espumas de alta expansión y resistentes al alcohol. La selección adecuada depende del producto a protegerse, diseño del sistema y temperatura ambiental del almacenamiento del líquido espumante.

Es uno de los medios más adecuados para combatir incendios en tanques de almacenamiento de líquidos inflamables, se produce al adicionarle el agua (dulce o de mar), un líquido espumante y aire, lo cual se logra con un eductor o bomba proporcionadora, fundamentalmente existen dos clases de líquidos formadores de espuma los de baja expansión de base proteica que agrupa los que se emplean en solución al 3% y al 6% y al llamado “tipo alcohol” al 6% y las de alta expansión de base sintética que generalmente se usan del al 3%.

La espuma de baja expansión va dirigida a extinguir fuegos causados por derrames de líquidos inflamables o combustibles, o fuegos en depósitos, mediante la formación de una carga refrigerante. La espuma es el único agente extintor permanente que se emplea para fuegos de este tipo. Su aplicación permite a los bomberos extinguir fuegos de una manera progresiva. Una capa de espuma que cubra la superficie de un líquido es capaz de impedir la transmisión de vapor durante algún tiempo, dependiendo de la estabilidad y espesor. Cuando los derrames de combustibles se cubren con espuma, dejan rápidamente de ser peligrosos. Después de un tiempo prudencial puede retirarse la espuma, generalmente sin efectos perjudiciales sobre el producto con el que ha entrado en contacto.

Pueden emplearse para reducir o detener la producción de vapores inflamables procedentes de líquidos o sólidos que no ardan. También pueden usarse para llenar cavidades o recintos donde puedan haberse acumulado gases tóxicos o inflamables.

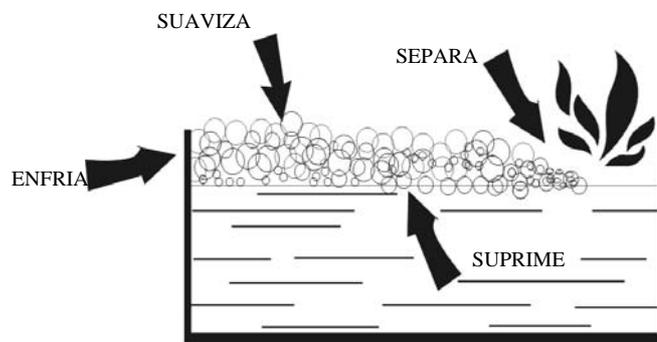
Las espumas del tipo de alta expansión (20 a 1.000 veces) pueden emplearse para llenar recintos, tales como zonas de sótanos o bodegas, donde resulta difícil o imposible llegar al incendio. En estos casos, las espumas detienen la convección y el acceso de aire para la combustión. Su contenido en agua enfría y el oxígeno disminuye por desplazamiento mediante vapor. Las espumas de este tipo, con expansiones de 400 a 500 pueden emplearse para controlar fuegos de derrames de LNG (gas licuado) y ayudan a dispersar la nube de vapor.

Muchas espumas se generan a partir de soluciones de tensión superficial muy baja y características penetrantes. Las espumas de este tipo son útiles donde existen materiales combustibles de clase A. En dichos casos, el drenaje de la solución acuosa de la espuma enfría y humedece el combustible sólido.

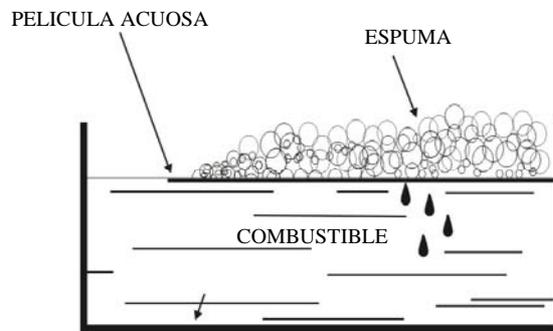
La espuma se disuelve, vaporizando su contenido de agua bajo el ataque del calor y las llamas. Por lo tanto, debe aplicarse a las superficies ardientes a volumen y velocidad suficiente para compensar estas pérdidas y para proporcionar la cantidad sobrante que garantice que se forme la capa residual de líquido inflamable sobre la parte ya extinguida del fuego. La espuma es una emulsión inestable de aire y agua que puede disolverse fácilmente por fuerzas

mecánicas o físicas. Ciertos vapores o fluidos químicos pueden destruirla fácilmente. Cuando se emplean otros tipos distintos de agentes extintores en combinación con la espuma, también pueden ocurrir otras formas de disolución. El aire en turbulencia o el violento levantamiento de los gases de la combustión pueden apartar las espumas ligeras de la zona incendiada. Las soluciones de espuma son conductoras y por lo tanto, no recomendables para fuegos eléctricos. Si se utiliza espuma pulverizada, resulta menos conductora que un chorro compacto. Sin embargo, por ser cohesiva y mantener materiales que permiten al agua ser conductora, la espuma pulverizada resulta más conductora que el agua pulverizada.

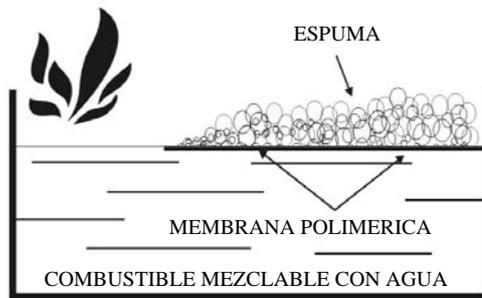
Figura 1.10: Como trabaja la Espuma



ESPUMA QUE FORMA PELICULA ACUOSA



SOLVENTE POLAR



1.8.4.4 El Agua

Desde el punto de vista físico resulta importante destacar ciertas propiedades físicas del agua que la hacen el agente extintor por excelencia:

A temperatura ambiente es un líquido estable.

El calor de fusión del hielo es de 80 cal/ gr.

Se requiere 1 caloría para elevar en 1°C la temperatura de 1 gr. de agua.

El calor de vaporación del agua a presión atmosférica normal es de 540 cal/gr.

Se puede deducir que se requiere 100 kilocalorías para elevar 1 Kg. de agua de 0 °C a 100 °C (punto de ebullición) y desde allí para llevarla al estado de vapor total se requiere 540 Kilocalorías más. En consecuencia si consideramos que el agua se encuentra a temperatura ambiente (20 °C) un gramo de agua absorberá en total 620 Kilocalorías para transformarse en vapor (Además el vapor puede sobrecalentarse).

Es esta extraordinaria capacidad de absorción del calor, lo que permite su potente acción de enfriamiento, bajando considerablemente la temperatura de muchas sustancias en combustión y la velocidad de transferencia del calor de la combustión a las capas de combustible.

Otro factor de importancia es que al pasar un cierto volumen de agua del estado líquido a vapor, dicho volumen se incrementa 1600 veces, y esta gran masa de vapor formada desplaza la fracción de aire equivalente sobre la superficie del fuego, reduciendo así la cantidad de oxígeno disponible para la combustión.

Observado las distintas formas de actuación del agua se observa que el agua actúa físicamente sobre el calor, el oxígeno y el combustible.

Por último hay que recordar que el calor escapa continuamente por radiación, conducción y convección, sólo es necesario absorber una pequeña parte de la cantidad total de calor que está produciendo el fuego para extinguirlo por enfriamiento.

El agua como agente extintor no ha perdido validez y puede ser considerada como el elemento básico de toda técnica de extinción combinada.

1.9 Estudio de Riesgos

Aquél que cubre aspectos de seguridad en instalaciones relacionadas con las Actividades de Hidrocarburos, y en su área de influencia, con el propósito de determinar las condiciones existentes en el medio, así como prever los efectos y consecuencias de la instalación y su operación, indicando los procedimientos, medidas y controles que deberán aplicarse con el objeto de eliminar condiciones y actos inseguros que podrían suscitarse.

El Estudio de Riesgos deberá analizar detalladamente todas las variables técnicas y naturales, que puedan afectar las instalaciones y su área de influencia, a fin de definir los métodos de control que eviten o minimicen situaciones de inseguridad, incluyendo el dimensionamiento de los sistemas y equipos contra incendios.

CAPITULO II

DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS TÉCNICAS

Un grupo de individuos de características particulares propias y diferenciadas de uno a otro, viendo la ventaja de vivir en sociedad, se organizan mediante reglas o normas para aprovechar en igualdad la sociedad adquirida, esta necesidad se plasma, para nuestro caso en establecer disposiciones legales y técnicas para desarrollar una actividad, como la de hidrocarburos.

2.1 Disposiciones Legales

Es un conjunto de reglas que la sociedad organizada se auto impone para limitar la actividad individual; en los siguientes párrafos se intenta describir las principales disposiciones legales que norman las actividades en hidrocarburos, para el tema que desarrollaremos.

2.1.1 Ley Orgánica de Hidrocarburos (Ley N° 26221)

La Ley Orgánica de Hidrocarburos (Ley N° 26221), norma las actividades en hidrocarburos en el territorio nacional, a través de ella el Estado promueve el desarrollo de las actividades en Hidrocarburos sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica con la finalidad de lograr el bienestar de la persona humana y el desarrollo nacional

2.1.2 Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos (D.S. N° 052-93-EM)

El Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, tiene por objeto establecer las normas y disposiciones para que, de conformidad con lo establecido en el artículo 73° de la Ley No 26221, cualquier persona natural o jurídica, nacional o extranjera, pueda construir, operar y mantener instalaciones para almacenamiento de hidrocarburos, sea petróleo o derivados, en cualquiera de las diferentes etapas de la industria de los hidrocarburos:

- a) En la explotación, cuando el petróleo se encuentra en las baterías de campo o los patios de tanques.
- b) En el transporte, cuando el petróleo y/o derivados se encuentran en los patios de tanques de las estaciones de bombas, terminales marítimos y/o fluviales.
- c) En la refinación, cuando el petróleo y/o derivados se encuentran en los patios de tanques de las refinerías.

d) En la comercialización, cuando los derivados se encuentran en los patios de tanques de las plantas de ventas.

e) En el procesamiento, cuando el Petróleo y/o derivados se encuentran en los patios de Tanques de las Plantas de Procesamiento.

Aplicación Obligatoria

El Reglamento es de aplicación obligatoria para las personas u otras entidades, sea cual fuere su naturaleza jurídica, cuya actividad se encuentra sujeta a jurisdicción nacional y tenga a su cargo el proyecto, construcción, operación o mantenimiento de Instalaciones para Almacenamiento de Hidrocarburos Líquidos y/o de Gases Licuados de Petróleo (GLP) y/o líquidos criogénicos, incluyendo el Gas Natural Licuado, en cualquiera de las actividades o etapas indicadas en el artículo precedente. A dichas personas o empresas en el Reglamento se les denomina Empresa Almacenadora de hidrocarburos, líquidos inflamables y combustibles líquidos, o líquidos residuales, excepto si son sólidos a 37.8oC (100oF) o más, que se almacenan en estado líquido a condiciones normales de temperatura y presión.

2.1.3 Reglamento de Seguridad en la Industria del Petróleo (RM-0674-78-EM/DGH)

Toda persona natural o jurídica que se dedique a las actividades de la industria del petróleo está obligada a dar cumplimiento a las disposiciones contenidas en este Reglamento, el cual tiene por objeto:

- Promover y mantener el mejor estado físico y mental de los trabajadores petroleros.
- Evitar el desmejoramiento de la salud causada por las condiciones de trabajo.
- Proteger a los trabajadores contra los peligros de cualquier naturaleza, provenientes de las operaciones propias de la Industria.
- Proteger las instalaciones, equipos y propiedades, con el fin de garantizar las fuentes de trabajo y mejorar la productividad.

Se entiende por medidas de seguridad al conjunto de normas técnicas y disposiciones tendientes a eliminar y/o controlar las posibles causas de accidentes y/o enfermedades ocupacionales a las que está sujeto el trabajador en este tipo de actividades.

2.2 Normas Técnicas

Es el conjunto de reglas, también auto impuesto, que la sociedad organizada adopta para limitar las características de forma y funcionamiento de los equipos que construye.

Los códigos a continuación expuestos no tiene la intención de ser una especificación de diseño, su principal función es la de mostrarnos los parámetros mínimos aceptados por la industria de hidrocarburos.

2.2.1 NFPA 10 Extintores Portátiles Portable Fire Extinguishers

Este estándar aplica a la selección, instalación, inspección, mantenimiento, y comprobación de un equipo extintor portátil, los requisitos dados son mínimos.

Se utiliza los extintores portátiles como una primera línea de defensa para combatir los incendios de tamaño limitado. Se les necesita aun cuando la propiedad está provista con rociadores automáticos, tomas de agua y mangueras, u otro equipo de protección fija.

Este estándar no aplica en los sistemas de extinción permanentemente instalados, incluso aunque parte de estos sistemas sean portátiles, como la manga y boquillas unidas a un suministrador fijo de un agente extintor.

2.2.2 NFPA 11 Espuma de Baja Expansión y el Sistema de Agentes Combinados Low Expansion Foam and Combined Agent System

Este estándar cubre las características de los materiales que producen espuma, los requisitos para el diseño, instalación, funcionamiento, comprobación y mantenimiento de los equipos y sistemas, usados para la protección contra el fuego de los líquidos combustibles e inflamables, áreas locales dentro de los edificios, tanques de almacenamiento, interiores y exteriores de las áreas de proceso.

No es el intento de este estándar especificar donde se requiere protección de espuma. (Para determinar donde se requiere protección de espuma, ver los estándares aplicables como el NFPA 30, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles.)

Este estándar establece que puede aplicarse la espuma para proteger la superficie de un líquido inflamable que no esta ardiendo, recomienda que el fabricante de espuma concentrada debería ser consultado para determinar el método óptimo de aplicación, la proporción de descarga, la densidad de la aplicación, y frecuencia de reaplicación necesaria para establecer y mantener la integridad de la manta de espuma.

Este estándar no es aplicable a los siguientes tipos de sistemas:

- a. Las espumas químicas y sus sistemas (considerado obsoleto).
- b. Sistemas de inundación por rociadores o pulverizadores de agua-espuma (Ver NFPA 16, estándar para la Instalación del Sistema de rociadores y pulverizadores con Agua-Espuma).
- c. Sistema de rociadores de agua-espuma de cabeza cerrada (Ver NFPA 16A, estándar para la Instalación de Sistemas de rociadores de Agua-Espuma de Cabeza Cerrada).
- d. Sistemas con agentes combinados.
- e. Aparatos móviles de espuma (Ver NFPA 11C, estándar para el Aparato Móvil de Espuma y NFPA 1901, estándar para auto-bombas de lucha contra incendios).
- f. Sistemas de espuma de media y alta expansión (Ver NFPA 11A, estándar para Espumas de Media y Alta Expansión).
- g. Espumas y sistemas de la Clase A (Ver NFPA 298, estándar para Espumas Químicas en la Lucha Contra Incendios de Combustibles Clase A en Áreas Rurales, Suburbanas y Forestales).

2.2.3 NFPA 13 Sistemas de Rociadores Sprinkler Systems

Esta norma prevé los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos para atacar el fuego y los sistemas de rociadores de protección contra la exposición, incluso las características y adecuado suministro de agua, selección del rociador, montajes, tuberías, válvulas, y todos los materiales y accesorios, incluso la instalación de la línea privada de agua de lucha contra el fuego. Este estándar abarca a las "líneas de servicio combinado" que llevaban el agua para los dos tipos de servicio y otros usos así como la línea para el uso de lucha contra el fuego.

2.2.4 NFPA 15 Sistemas Fijos de Pulverización de Agua Water Spray Fixed Systems

Esta norma prevé los requisitos mínimos para el diseño, instalación y el sistema para la prueba de aceptación del sistema fijo de pulverización del agua, servicio de protección contra el fuego y los requisitos mínimos para la comprobación periódica y mantenimiento de los sistemas fijos - water spray - de alta velocidad.

Los sistemas fijos de pulverización del agua, según esta norma deben ser diseñados para proveer un efectivo control del fuego, extinción, prevención o protección contra la exposición.

La pulverización del agua es aplicable para la protección de situaciones de riesgos y equipos específicos y permite ser instalado independientemente o suplementario a otros tipos de sistemas o equipos de protección contra el fuego.

La protección a través de pulverización de agua es aceptable para la protección de situaciones de riesgos que involucren cada uno de los siguientes grupos:

- a. Materiales inflamables líquidos o gaseosos.
- b. Equipos eléctricos como los transformadores, interruptores de aceite, motores, bandeja de cables, etc.
- c. Los combustibles ordinarios como el papel, madera, y textiles.
- d. Ciertos sólidos peligrosos como los propelentes y pirotécnicos.

Este estándar no aplica para la protección de las boquillas portátiles, sistemas de rociadores, boquillas del monitor, sistemas de supresión del agua pulverizada (niebla), supresión de la explosión, u otros medios cubiertos por otros estándares de la NFPA.

2.2.5 NFPA 16 Instalación de los Sistemas de Inundación con Agua Espuma con Rociadores y Pulverizadores Installation of Deluge Foam Water Sprinkler Systems and Foam Water Spray Systems

Este estándar contiene los requisitos mínimos para el diseño, instalación, y mantenimiento de sistemas rociadores y pulverizadores de agua y espuma. Estos sistemas, según este estándar deben ser diseñados para una densidad requerida de espuma o aplicación de agua como el factor controlado, dependiendo del propósito del diseño del sistema.

No es el intento de este estándar especificar donde se requiere la protección a través de rociadores o pulverizadores con agua y espuma. La determinación de dónde se requieren los sistemas de rociado o pulverizado con agua y espuma se elabora de acuerdo con las normas aplicables como la NFPA 30, estándar de

Líquidos Combustibles e Inflamables, y NFPA 409, estándar para los Hangares del Avión.

Esta norma sólo aplica a sistemas que usan la espuma de baja expansión.

2.2.6 NFPA 20 Bombas Centrifugas del Sistema Contra Incendio Centrifugal Fire Pumps

Este estándar se aplica para la selección e instalación de las bombas que proveen el agua para la protección contra los incendios en instalaciones privadas. Los artículos considerados incluyen los suministros de agua; equipo de succión, de descarga y accesorios; las fuentes de poder; el control y mando eléctrico; el control y mando del motor de combustión interna; el control y mando de la turbina de vapor; y pruebas de aceptación y funcionamiento. Este estándar no cubre los requerimientos de almacenamiento ni de presión del sistema de suministro de agua (ver Apéndice A-2-1.1 de este estándar), tampoco cubre los requisitos para la inspección, prueba, y mantenimiento periódico de las bombas del sistema contra incendios, también no cubre los requisitos para el cableado en la instalación de las partes de las bombas del sistema contra incendios.

2.2.7 NFPA 22 Tanques de Agua para Protección Privada Contra Incendios Water Tanks for Private Fire Protection

Este estándar prevé los requisitos mínimos para el diseño, construcción, instalación, y mantenimiento de tanques y accesorios que utilizados para el almacenamiento el agua de protección privada contra incendios, incluyendo lo siguiente:

- El peso de los tanques, la línea de conexión con la bomba, la presión que soporta el tanque y la cimentación.
- Estructuras sobre las que descansa el tanque.
- Las tuberías de conexión y accesorios.
- El sistema de llenado del tanque.
- Protección de bajas temperaturas.

2.2.8 NFPA 24 Instalación de las Tuberías Privadas del Sistema Contra Incendios y de sus Accesorios Installation of Private Fire Service Mains and their Appurtenances

Este estándar establece los requisitos mínimos para la instalación de las tuberías privadas del Sistema Contra Incendios y sus accesorios que abarca a los sistemas de rociadores automáticos, los sistemas de rociadores abiertos, sistemas fijos de pulverizado de agua, los sistemas de espuma, hidrantes privados, las boquillas del monitor, los sistemas de toma de agua, bocas de agua privadas y las casas de mangueras.

Este estándar también se aplica a las "tuberías de servicio combinado " que llevan el agua para los dos tipos de servicio del sistema contra incendio. Este estándar considera consultar a la autoridad que tiene la jurisdicción antes de la instalación o remodelación de las tuberías privadas de sistema contra incendio.

2.2.9 NFPA 25 Inspección, Prueba, y Mantenimiento de los Sistemas de Protección Contra los Incendios Basados en Agua Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems

Este estándar establece los requisitos mínimos para la inspección periódica, comprobación y mantenimiento de los sistemas de protección contra incendios basados en agua, incluyendo las aplicaciones terrestres y marinas. Los tipos de sistemas tratados por este estándar incluyen, pero no se limitan a rociadores, tomas de agua y manga, pulverizadores fijos de agua y agua-espuma. Se incluyen los suministros de agua que son parte de estos sistemas, tales como las tuberías privadas de lucha contra incendios y accesorios, las bombas y tanques de almacenamiento de agua y las válvulas que controlan el flujo del sistema. El documento también se orienta al manejo e información del daño o deterioro. Este estándar se aplica a los sistemas de protección contra incendios que han sido instalados correctamente de acuerdo con prácticas generalmente aceptadas.

Donde un sistema no ha sido instalado de acuerdo con las prácticas generalmente aceptadas, la acción correctiva está más allá del alcance de este estándar, para asegurarse que la acción correctiva se ha realizado de manera satisfactoria, el estándar indica que debe hacerse de acuerdo con el estándar apropiado de la instalación.

Este estándar no deberá aplicarse a sistemas de rociadores diseñados e instalados en concordancia al NFPA 13D, Estándar para la Instalación de Sistemas de rociadores en Viviendas de una o dos Familias y Casas Prefabricadas.

2.2.10 NFPA 30 Código de Líquidos Combustibles e Inflamables Flammable and Combustible Liquids Code

Este código se aplica al almacenamiento, manejo y uso de líquidos inflamables y combustibles, incluso los líquidos de desecho.

Este código no debe ser aplicado a lo siguiente:

- Cualquier líquido que tenga un punto evaporación igual o mayor que 100°F (37.8°C) o que no reúna los criterios de fluidez dados en la definición para líquido en la Sección 1.7 de este estándar
- Cualquier gas licuado o líquido criogénico definido en Sección 1.6 de este estándar
- Cualquier líquido que no tenga un punto de inflamación, que pueda ser inflamable bajo ciertas condiciones, líquidos como ciertos hidrocarburos halogenados y mezclas de hidrocarburos que contienen hidrocarburos halogenados
- Cualquier producto en aerosol
- Almacenaje de líquidos inflamables y combustibles cubierto por NFPA 395, estándar para el almacenaje de líquidos inflamables y combustibles en las granjas y los sitios aislados.

Este código tampoco aplica a:

- El transporte de líquidos inflamables y combustibles
- La operación de almacenamiento en los tanques de combustibles conectados a los equipos de combustión.

2.2.11 NFPA 69 Sistemas de Prevención de Explosión Explosion Prevention Systems

Este estándar se aplica a los sistemas y equipos usados para la prevención de explosiones mediante la prevención o control de deflagraciones.

Este estándar no se aplica a lo siguiente:

- Dispositivos o sistemas diseñados para protección contra las detonaciones
- El diseño, construcción e instalación de tubos de venteo para la deflagración
- Protección contra la sobrepresión, con excepción de deflagraciones internas
- Las reacciones químicas con excepción de procesos de la combustión.
- Las deflagraciones libres, como las explosiones al aire libre o explosiones de nube de vapor
- Las rocas que se obtienen de las minas de carbón, cubiertas por el Título 30, Ítem 75 del Código de Regulaciones Federales de U.S.A.
- El uso en general de gas inerte para la extinción del fuego.
- La preparación de los tanques, tuberías o de otros recintos para el trabajo en caliente, tal como corte y soldadura
- Los hornos que manejan atmósferas inflamables o combustibles, ellos están cubiertos por NFPA 86, Estándar para los Hornos; NFPA 86C, Estándar para Hornos Industriales que usan una atmósfera de proceso especial; y NFPA 86D, Estándar para Hornos Industriales que usan el vacío como atmósfera.
- Sistemas marinos de mando de vapor regulados por Título 33, Ítem 154 del Código de Regulaciones Federales de U.S.A.,.
- Tanques de embarcaciones marinas regulados por Título 46, Ítems. 30, 32, 35, y 39 del Código de Regulaciones Federales de U.S.A.,

2.2.12 NFPA 70 Código Eléctrico Nacional National Electrical Code

El propósito de este código es la salvaguarda práctica de las personas y de los bienes de los riesgos que se derivan del uso de la electricidad.

Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad, el cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado da lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o apta para un buen servicio o para ampliaciones futuras de la instalación eléctrica.

Este código cubre:

1. Las instalaciones de conductores y equipos eléctricos dentro de o en edificios públicos y privados u otras estructuras, incluidas casas móviles, vehículos de recreo y edificios flotantes, y otros predios tales como patios, parques de atracciones, estacionamientos, otras áreas similares y subestaciones industriales.
2. Instalaciones de conductores y equipos que se conectan a las fuentes de alimentación de energía eléctrica.
3. Instalaciones de otros conductores externos y equipos en predios.
4. Instalaciones de cables y canalizaciones de fibra óptica.
5. Instalaciones en edificaciones utilizadas por las empresas de energía eléctrica, como edificios de oficinas, depósitos, garajes, talleres y edificios recreativos que no forman parte integral de una planta generadora, una subestación o un centro de control.

Este código no cubre:

1. Instalaciones en barcos, naves acuáticas diferentes de edificios flotantes, material rodante ferroviario, aviones o vehículos automotores, excepto casas móviles y vehículos de recreo. Aunque se indica que no se cubren instalaciones en barcos, algunas partes de este Código se encuentran incorporadas mediante referencia en el Título 46, partes 110-113 del Code of Federal Regulations,.
2. Instalaciones subterráneas en las minas y la maquinaria de minería de superficie móvil auto propulsadas y su cable eléctrico de servicio.
3. Instalaciones ferroviarias para la generación, transformación, transmisión o distribución de la energía eléctrica usada exclusivamente para el funcionamiento del material rodante o las instalaciones utilizadas exclusivamente para señalización y comunicaciones.
4. Instalaciones de equipos de comunicaciones bajo el control exclusivo de las compañías de comunicaciones, situadas a la intemperie o dentro de edificios utilizados exclusivamente para dichas instalaciones.
5. Instalaciones, incluida la iluminación correspondiente, bajo el control exclusivo de las compañías de electricidad para las comunicaciones, mediciones, generación, control, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica. Tales instalaciones deben estar situadas en edificios utilizados exclusivamente por estas compañías para estos fines; al aire libre en lugares propios o arrendados por la compañía; en o a lo largo de carreteras, calles, caminos, etc. públicos; o al aire libre en propiedades privadas mediante derechos de paso.

2.2.13 NFPA 72 Sistema de Señalización de Protección Protective Signaling System

La NFPA 72 cubre la aplicación, instalación, situación, actuación y mantenimiento de los sistemas de alarma de incendio y sus componentes.

El propósito de este código es definir los medios para señalar el inicio, transmisión, notificación y anuncio de un incendio; los niveles de actuación; y la fiabilidad de los diferentes tipos de sistemas de alarma de incendio. Este código define los rasgos asociados con estos sistemas y también proporciona la información necesaria para modificar o actualizar un sistema existente para reunir los requisitos de una clasificación de un sistema particular. Es el intento de este código establecer los niveles requeridos de actuación, la magnitud de redundancia, y calidad de instalación pero no establecer los métodos para alcanzar estos niveles ni atender estos requisitos.

2.2.14 NFPA 101 Código de Seguridad de la Vida Life Safety Code

El peligro del fuego en contra de la Vida.

El Código orienta la construcción, protección, y características de las actividades necesarias para minimizar el peligro a la vida por efectos del fuego, incluyendo además las cenizas, humo o pánico.

Medios de salida.

El Código establece los criterios mínimos para el diseño de los medios de salida para permitir un rápido escape de los ocupantes de los edificios o, donde se desee, en las áreas seguras dentro de los edificios.

Otras Consideraciones.

El Código indica otras consideraciones que son esenciales para la seguridad de vida, en reconocimiento del hecho que la seguridad de la vida está más allá de un problema de los medios de salida. El código también trata las características y los sistemas protectores, los servicios constructivos, las características de funcionamiento, las actividades del mantenimiento y otras provisiones en el reconocimiento del hecho de que la realización de un grado aceptable de seguridad de la vida depende de salvaguardias adicionales para proporcionar el tiempo o la protección adecuada de la salida para la gente expuesta al fuego.

El Código no se aplica a lo siguiente:

Características generales de la prevención contra los incendios o de la construcción de edificios que son normalmente cubiertos por los códigos de la prevención contra los incendios y de los códigos del edificio

- La prevención de las lesiones personales generadas por la propia negligencia del individuo
- La preservación de propiedad de las pérdidas por el fuego.

2.2.15 NFPA 1403 Evolución del Entrenamiento en Fuego Real Live Fire Training Evolutions

Este estándar contiene los requerimientos mínimos para el entrenamiento del personal contratado para la supresión del fuego en las operaciones de lucha contra incendios en condiciones de fuego real.

El propósito de este estándar es proporcionar un procedimiento para guiar la evolución de un entrenamiento en fuego real para asegurar que el personal será conducido en instalaciones seguras y que los peligros a que se exponen los participantes serán reducidos al mínimo.

2.2.16 NFPA 1971 Conjunto de Protección Personal en la Lucha Contra Incendios Protective Ensemble for Structural Fire Fighting

Este estándar especifica el diseño, el funcionamiento, y los requisitos de la certificación, y los métodos mínimos de la prueba para los conjuntos de protección que incluyen las capas protectoras, los pantalones protectores, las batas protectoras, los cascos, los guantes, calzado, y componentes del interfaz

Las pruebas controladas de laboratorio determinaran la conformidad con los requisitos de funcionamiento de este estándar, este estándar no establecer los niveles de funcionamiento para todas las situaciones a las cuales el personal de la lucha contra incendio puede ser expuesto.

Este estándar no sirve como especificación detallada de la fabricación o de la compra sino será usado como referencia de las especificaciones de compra como requisitos mínimos.

El propósito de este estándar es establecer un nivel mínimo de la protección para los combatientes del fuego, contra efectos ambientales adversos durante las operaciones de lucha contra el incendio y otras operaciones de emergencia donde hay una amenaza del fuego o donde es probable encontrar ciertos peligros

físicos, por ejemplo en operaciones donde no hay fuego relacionadas al rescate, operaciones médicas de emergencia, y rescate o extracción de la víctima

Este estándar no aplica para los equipos de protección de los ojos y del sistema respiratorio, así mismo tampoco es aplicable para el diseño de la ropa utilizada en las operaciones de penetración en la lucha contra incendios ni en la protección contra agentes biológicos o radiactivos.

2.2.17 API 2610 Diseño, Construcción, Mantenimiento e Inspección de Terminales y Accesorios de los Tanques Design, Construction, Maintenance and Inspection of Terminals and Tanks Facilities

Este estándar cubre el diseño, construcción, operación, inspección, y mantenimiento de las instalaciones del Terminal y de los tanques de petróleo asociados a la comercialización, refinación, transporte por ductos, y a otras actividades similares según lo estipulado en los ítems 1.1.1 a 1.1.7 de este estándar. Este estándar cubre las aplicaciones a la selección de sitio y prevención de la contaminación del área y operación segura de la gestión de desechos, prevención y protección contra los incendios a los tanques, los diques y las bermas, los sistemas mecánicos, transferencia del producto, protección de corrosión a los accesorios.

La información es presentada en este estándar en forma de recomendaciones (señaladas por el uso de la palabra si) y en la forma de mandatos (señalados por el uso de la palabra deberá), incorpora como referencia números de otros estándares y prácticas recomendadas. Las distinciones entre las provisiones obligatorias, recomendadas y opcionales en los documentos referidos no son cambiadas por la naturaleza de su referencia en este estándar.

La industria petrolera esta conectada con la obtención, almacenaje, transporte, mezcla, y distribución del petróleo crudo y de los productos refinados. Las instalaciones y las plantas terminales individuales pueden realizar una o más de estas funciones. El uso específico de este estándar dentro de los diferentes tipos de operaciones que se desarrollan en la industria del petróleo se detalla en los ítems. 1.1.1 a 1.1.7 del mismo estándar.

2.2.18 API 2021 Lucha Contra Incendios Alrededor de Tanques de Almacenamiento de Líquidos Combustibles e Inflamables Fighting Fires in and Around Flammable and Combustible Liquid Atmospheric Storage Tanks

El alcance y valor principal de esta publicación es enseñar a los interesados en la lucha contra incendios de los diferentes tipos de tanques sobre tierra, los tanques del almacenamiento atmosféricos y métodos que podrían usarse para la lucha contra incendios en tanques de líquidos combustibles e inflamables. Esto incluye los planes de emergencia y la ayuda mutua para poder desarrollar un plan total de la lucha contra incendios en el tanque. Incluye los líquidos inflamables y combustibles con bajos puntos de inflamación, tales como la gasolina, y aquellos con los puntos de inflamación altos, como los lubricantes y asfaltos.

Esta publicación presenta guías prácticas de lucha contra los incendios en tanque las cuales están basadas en la experiencia de industria acerca de lo siguiente:

- La planificación de pre-fuego, reduce los tiempos muertos en la lucha contra incendio en los tanques del almacenamiento.

- Precauciones y guías en la estrategia y tácticas para la lucha contra incendios en tanques atmosféricos de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables.
- Agentes de la lucha contra los incendios alrededor de los tanques del almacenamiento.

Esta publicación excluye específicamente las consideraciones a lo siguiente:

- El equipo protección personal.
- Gases presurizados.
- Tanques no metálicos.

La tecnología de la prevención contra los incendios y los tipos de datos del equipo y del mantenimiento de la protección contra los incendios están fuera del alcance de esta publicación.

Se cubren en publicaciones tales como NFPA 11, NFPA 30 y del API.

Debe entenderse que este estándar proporciona las pautas básicas, su aplicación debe permanecer flexible.

2.2.19 API 2030 Uso de Sistemas Fijos de Pulverización de Agua para la Protección Contra los Incendios en las Industrias del Petróleo y Petroquímica
Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries

Al tratar la prevención contra pérdidas, una organización debe considerar el uso de los sistemas fijos de protección contra los incendios, uno de los cuales es el sistema de pulverización de agua. Los sistemas de pulverización de agua parecen similares a los sistemas de rociadores en algunos aspectos; sin embargo, las aplicaciones previstas, los códigos aplicables y los criterios del diseño que los diferencian. Esta publicación proporciona una guía para la industria petrolera y algunas aplicaciones en la industria petroquímica (para los productos petroquímicos no reactivos con el agua, y con características físicas y de combustión comparables a los hidrocarburos) para determinar en donde, los sistemas de pulverización de agua, pueden ser utilizados para proporcionar protección contra el fuego a los equipos y estructuras.

Los daños a los equipos de proceso y al acero estructural también pueden ser reducidos con protección ignífuga, aplicando agua a través de corrientes manuales de la manguera o a aplicando agua a través de monitores con inyectores fijos o móviles.

Los siguientes usos especiales de la pulverización del agua están fuera del alcance de esta publicación:

- Los sistemas de regadera de espuma usados como suplemento de los sistemas del aerosol de agua y que extinguirían el fuego del líquido inflamable (véase NFPA 16 para los detalles).
- Los sistemas de mitigación con vapor que han sido utilizados con éxito por varias corporaciones importantes para reducir los efectos potenciales de los lanzamientos de materiales peligrosos tales como ácido del HF (véase API RP 751 para mayor información).

- Cortinas de agua usadas en situaciones especiales para reducir al mínimo calor radiante o para dispersar los vapores del hidrocarburo antes de la ignición.
- Usos tradicionales de regaderas en edificios que no son de procesos
- Sistemas de niebla del agua según lo descrito en el NFPA 750

CAPITULO III

PLANTA DE ABASTECIMIENTO

3.1 Generalidades

En el Perú se denominan así a las instalaciones donde se realizan operaciones de recepción, almacenamiento, transferencia, agregado de aditivos y despacho de combustibles y de Otros Productos Derivados de Hidrocarburos. En el país también se les denomina Plantas de Venta, es una de las principales instalaciones de comercialización de los combustibles derivados del petróleo, que relaciona a los centros de refinación con los puntos o centro de venta y consumo.

Estos establecimientos están integrados por tres elementos íntima y dinámicamente unidos como son el personal que los opera, las instalaciones que facilita las operaciones y los procedimientos debidamente establecidos que uniformiza y ofrece seguridad a las operaciones.

Por el hecho de trabajar con líquidos combustibles, estas instalaciones están bajo el mandato del Reglamento de Seguridad del Almacenamiento de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 052 emitido por el Ministerio de Energía y Minas que fue comentado en el capítulo anterior.

En el Perú existen 25 las plantas de abastecimiento formales, según el listado del registro DGH vigente a la fecha, publicado en la página Web de la Dirección General de Hidrocarburos

Una planta de abastecimiento típica tiene áreas:

- De almacenamiento.
- De despacho.
- De recepción.
- Administrativa.
- De estacionamiento

Y sistemas como:

- Sistema contra incendio.
- Sistema de drenaje y tratamiento de efluentes.

3.2 Clases

3.2.1 Con Terminal Marítimo o Fluvial

Este tipo de Planta de Abastecimiento pueden recibir y despachar hidrocarburos por vía terrestre (camiones tanque y/o vagones cisterna) y por vía marítima o fluvial, para tal fin tienen un área de recepción de hidrocarburos colindante al mar o a un río, estas instalaciones toman las denominaciones de: muelles, pontones y amarraderos.

Muelle: Construcción levantada sobre pilotes a orillas de un río o alrededor de una bahía o dársena, o a lo largo de la costa y sirve para cargar y descargar las naves.

Pontón: Buque o barcaza fuera de servicio activo, destinado para depósito de víveres, carbón, embarcaciones menores, etc., y que se mantiene fondeado en los puertos.

Amarradero: Espacio físico en alta mar para el amarre de naves a un conjunto de boyas ubicadas estratégicamente, a fin de asegurar la embarcación para una estadía o una operación de carga o descarga..

3.2.2 Sin Terminal Marítimo o Fluvial

Este tipo de Plantas de Abastecimiento exclusivamente recepción los hidrocarburos por vía terrestre mediante camiones tanque y/o vagones cisterna.

3.3 Áreas de una Planta de Abastecimiento

3.3.1 Área de Almacenamiento

Sección circundada por muros o diques de contención donde se ubican los tanques de almacenamiento de combustibles y su sistema de tuberías, válvulas y otros accesorios para el adecuado almacenamiento de los productos.

3.3.1.1 Tanques de Almacenamiento

Son recipientes donde se almacena los hidrocarburos, existen los denominados convencionales y no convencionales.

- El Almacenamiento convencional se da en forma de tanques superficiales y tanques enterrados.

Los tanques superficiales son aquellos cuyas paredes laterales y techo están en contacto directo con la atmósfera, se sub-clasifican en tanques superficiales (atmosféricos, tanques a presión, tanques refrigerados y tanque térmicos).

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

- El almacenamiento "no convencional" es todo sistema que no está clasificado como convencional, requiriendo especiales consideraciones en su proyecto, construcción y mantenimiento. Los almacenamientos no convencionales pueden ser: en pozas abiertas, flotante, en cavernas, en tanques de concreto pretensado y en plataformas marinas.

Para efectos del presente estudio nos centraremos en el almacenamiento convencional:

3.3.1.1.1 Tanques Superficiales

Son todos los tanques que se encuentran ubicados sobre la superficie de la tierra
a Tanques Atmosféricos

Se denominan así a los tanques que almacenan hidrocarburos a condiciones atmosféricas (entre 760 (14.7 psia) a 786 mm Hg (15.2 psia)). Se clasifican en horizontales y verticales

a.1 Tanque Horizontal

Es un tipo de tanque cuyo eje principal está posición horizontal, casi siempre de sección transversal cilíndrica u ovalada con extremos que pueden ser planos o en forma de casquetes ovoides o semiesféricos.

Figura 3.1: Tanque Horizontal



a.2 Tanque Vertical

Es un tipo de tanque cuyo eje principal está en posición vertical. Estos tanques se pueden clasificar en:

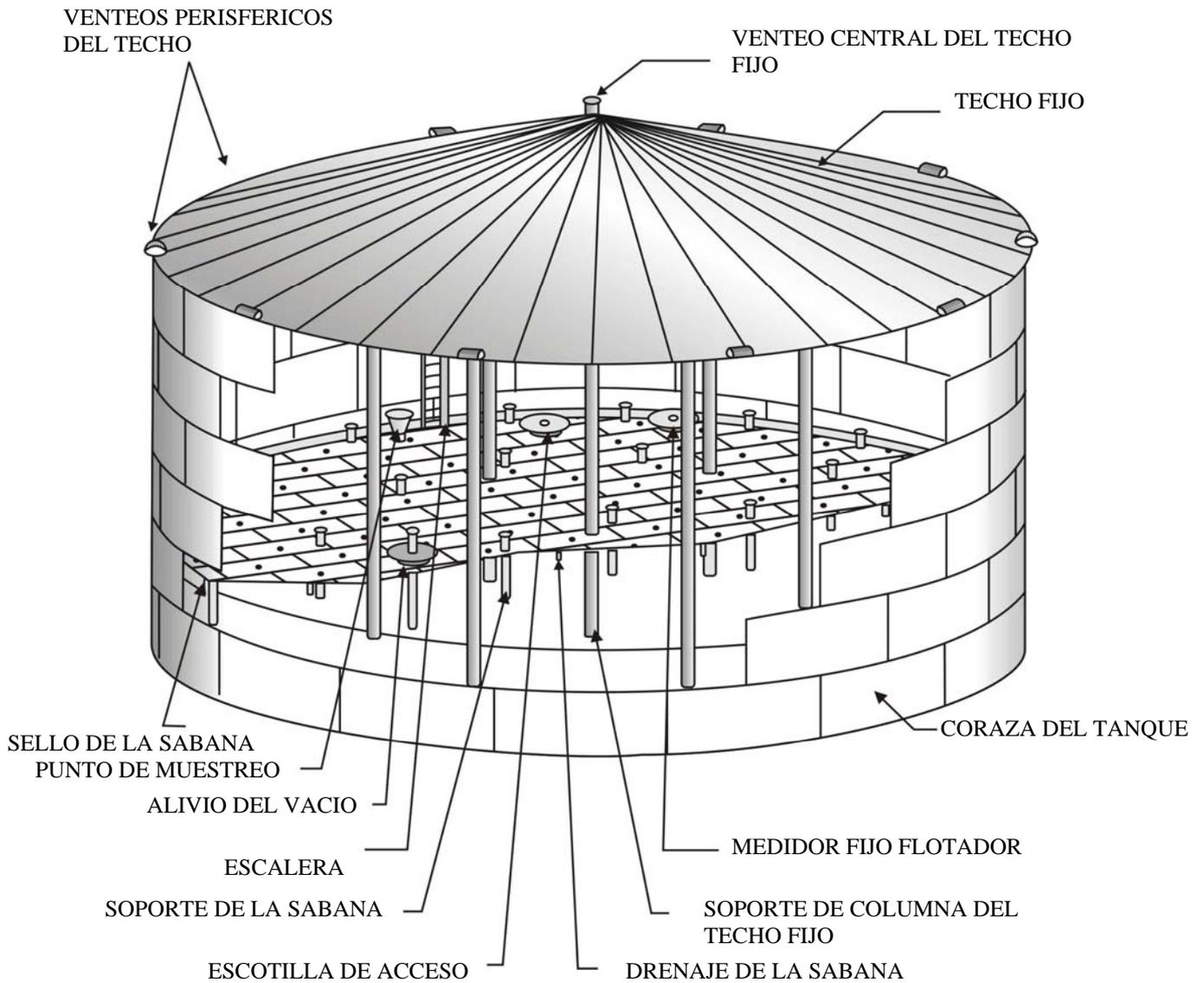
Tanque Vertical de Techo Fijo

Son tanques de almacenamiento del tipo cilíndrico-vertical, diseñados para operar a presiones internas máximas de aproximadamente la presión atmosférica. Los tanques de techo fijo son construidos a propósito con una débil costura entre el cilindro y el techo, que puede servir de alivio en caso de presentarse presiones excesivas, fuera de las condiciones normales de operación, ya que la chapa se rompe en esta soldadura, evitando así la destrucción completa del tanque.

Tanque Vertical de Sabana Flotante. Son tanques de almacenamiento del tipo cilíndrico-vertical, diseñados para operar a presiones internas máximas de aproximadamente la presión atmosférica. Estos tanques están destinados al almacenamiento de productos inflamables que tienen presiones de vapor superiores a la presión atmosférica, cuya clasificación NFPA corresponde a

productos Clases IA, IB y IC, tales como gasolinas, naftas y otros hidrocarburos líquidos ligeros

Figura 3.2: Tanque Vertical de Sabana Flotante



Tanque Vertical de Techo Flotante. Son tanques de almacenamiento del tipo cilíndrico-vertical, diseñados para operar a presiones internas máximas de aproximadamente la presión atmosférica. Al igual que los tanques de techo fijo con membrana interna flotante, estos tanques también están destinados al almacenamiento de productos inflamables cuya clasificación NFPA corresponde a productos Clases IA, IB y IC, tales como gasolinas, naftas y otros hidrocarburos líquidos ligeros, además de crudo.

La principal característica de estos tanques es que el techo flotante se desliza verticalmente dentro del cilindro, flotando directamente sobre el líquido almacenado y siguiendo las variaciones de nivel, en estas condiciones, no existe superficie libre de evaporación y la fase gaseosa es mínima.

La hermeticidad entre el techo y la pared del tanque está asegurada por una junta circular. Estos tanques cuentan también con entrada de hombre, purgas para desalojar agua pluvial acumulada, válvula de seguridad, soportes para el techo flotante, entradas y salidas de productos y otros accesorios, sistema de red de espuma, cámaras de espuma instaladas de acuerdo a normas que posteriormente desarrollaremos.

a.3 Tanques de baja Presión

Son tanques para líquidos y gases construidos en superficie con un fondo plano, cóncavo o cónico si su eje generatriz es vertical, y si es horizontal con fondo circular. Se denominan **de Baja Presión** (Hasta 15 psig), para diferenciarlos tanto de los tanques atmosféricos construidos bajo API 650, y de los tanques o recipientes a presión construidos bajo ASME Sección VIII, División 1 (> 15 psig). Según D.S. No 052-93-EM, Anexo I, división A, literal be, un tanque de almacenamiento de baja presión (Low pressure tank) es un almacenamiento diseñado para mantener una presión interna manométrica mayor a $0.035 \text{ kg/cm}^2 \text{ g}$, pero menor de $1.055 \text{ kg/cm}^2 \text{ g}$ (de 0.5 a 15.0 psig) medidos en la parte superior del tanque.

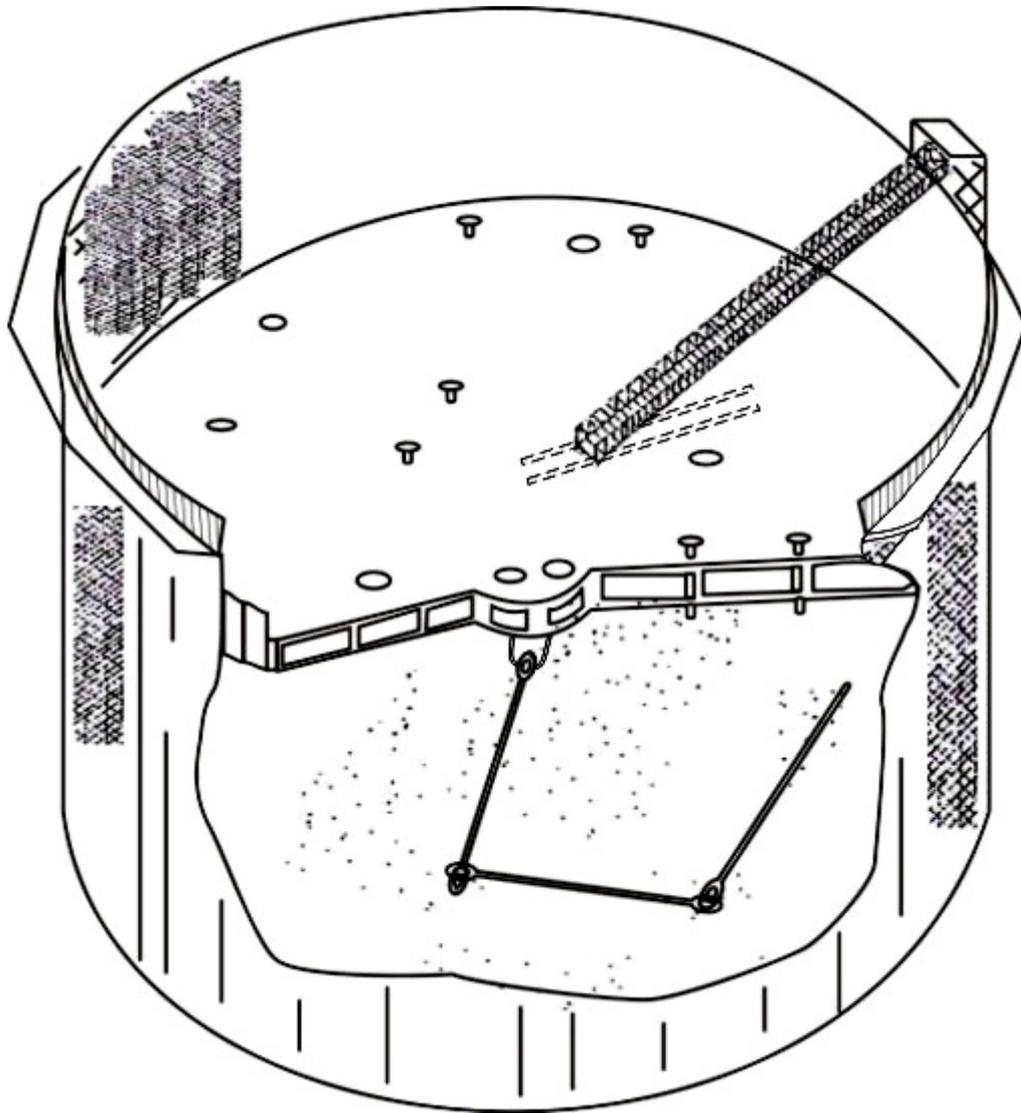
a.4 Tanques a Presión

Los tanques a presión son contenedores que pueden soportar presión interna o externa. La presión que actúa sobre ellos es originada por fuentes externas, por ejemplo como la presión que actúa sobre los submarinos o el calor directo o indirecto sobre un tanque de GLP, o una combinación de estos dos efectos.

Según D.S. No 052-93-EM, Art. 19, los tanques a presión son utilizados para líquidos con presión de vapor mayor o igual a $0.914 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs}$ (13 psia) a nivel del mar.

Según D.S. No 052-93-EM, Anexo I, literal a, un almacenamiento a presión (Pressure storage) es un recipiente de almacenamiento, cuya presión de diseño es mayor que la presión atmosférica. No se incluye a los tanques de almacenamiento de baja presión.

Figura 3.3: Tanque Vertical de Techo Flotante



a.5 Tanques Refrigerados

Son tanques que almacenan hidrocarburos líquidos a una temperatura por debajo de la temperatura atmosférica, con o sin la ayuda de refrigeración, ya sea por evaporación del contenido del tanque o por circulación del refrigerante de un sistema de refrigeración.

Figura 3.4: Tanques Refrigerados



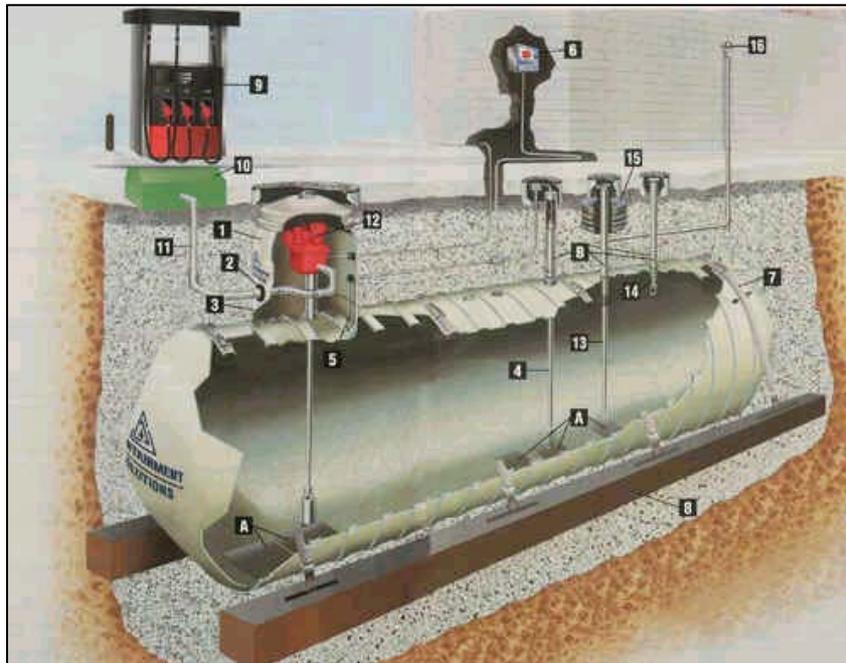
a.6 Tanques Térmicos

Se denominan así a los tanques que almacenan combustibles a temperaturas por encima de la temperatura ambiental, tal como los asfaltos y residuales pesados. Estos tanques están provistos de sistemas de calentamiento por medio de vapor u otro fluido térmico, pueden estar protegidos por una cubierta aislante.

3.3.1.1.2 Tanques Enterrados

Se refiere a tanques o recipientes que están totalmente enterrados bajo el nivel del terreno, se cubre con material sólido y está expuesto a presiones ocasionadas por el empuje o peso del material que los rodea

Figura 3.5: Tanque Enterrado



3.3.1.2 Muro de Contención o Muro Cortafuego

En el Almacenamiento de Hidrocarburos, es el elemento de altura apropiada destinada a contener derrames de líquidos, construido de concreto, tierra o cualquier otro material, posee la condición de ser impermeable.

La construcción de muros cortafuego alrededor de tanques de almacenaje constituye una medida de seguridad imprescindible que debe construirse necesariamente antes de la puesta en operación de cualquier tanque.

Entre los objetivos principales que se alcanza con la construcción de muros cortafuegos, tenemos:

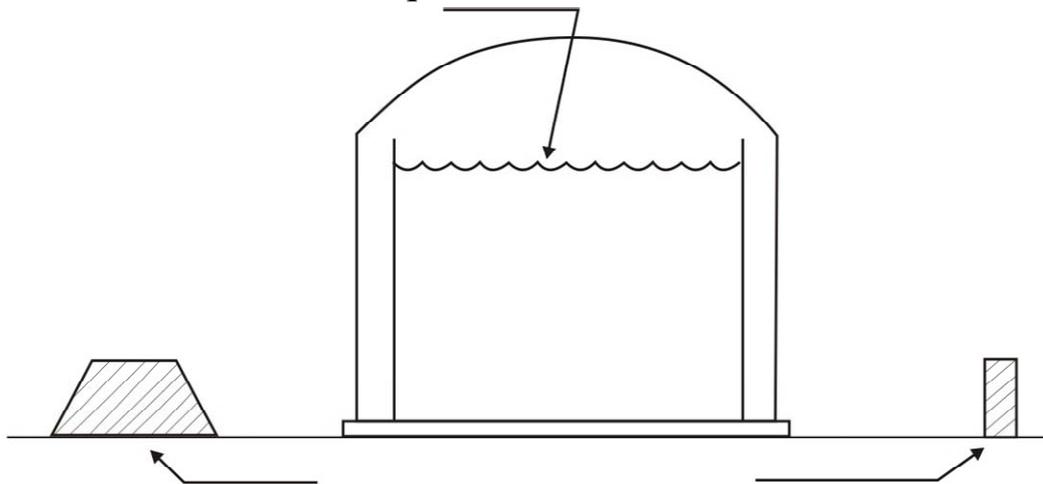
- Contener dentro del muro todo el producto que por cualquier causa se derrame del tanque, este producto derramado puede ser bombeado a otro recipiente.
- En casos de emergencia por incendio de un tanque, el muro cortafuego permite aislar el tanque incendiado de otros tanques e instalaciones.

En el diseño de un muro cortafuego se considera lo siguiente:

1. El volumen de productos que podría contener el muro en casos de emergencia.
2. El material de construcción del muro cortafuego, capaz de soportar la carga hidrostática completa del producto derramado
3. La hermeticidad del muro cortafuego, teniendo en cuenta las entradas y salidas del producto al tanque, drenajes de productos, drenaje pluvial, drenaje de agua propia de contra incendio.
4. La accesibilidad al tanque de almacenaje para facilitar la operación normal de tanques así como también las operaciones propias de contra incendio.

Figura 3.6: Muro de Contención o Muro Cortafuego

Máximo nivel de tanque



3.3.1.3 Cunetas

Una cuneta es un canal abierto en el terreno que puede ir revestida por una pieza prefabricada en forma de U, construida alrededor de los tanques dentro del área estanca, de forma tal, que pueda recibir y conducir los líquidos a un sumidero y luego ser oportunamente drenadas mediante válvula externa normalmente cerrada hacia sistema de tratamiento de recuperación de hidrocarburos y/o purificación de aguas vertidas.

3.3.2 Área de Despacho de Hidrocarburos

Sección de la planta donde se ubican las islas de despacho de combustibles con toda su infraestructura de medición y control, incluye el espacio necesario para la circulación de los vehículos al estacionarse y salir del área de las islas de despacho.

Figura 3.7: Zona de Despacho



3.3.3 Área de Recepción de Hidrocarburos

Área donde se recibe los hidrocarburos, se efectúa conectando los medios de transporte que abastecen a la planta a las instalaciones de la planta. Estas instalaciones de la planta son adecuadas al medio de transporte, por ejemplo: un muelle o un amarradero para un buque o barcaza, un terminal terrestre de vagones para un vagón cisterna, etc.

3.3.4 Área Administrativa

Sección destinada a los ambientes que son ocupados por las oficinas administrativas como recintos para el gerente, jefe de planta, oficinas para ventas, caja, archivo, servicios, almacén, etc.

3.3.5 Área de Estacionamiento

Área o sección específicamente destinada para el estacionamiento de los vehículos del personal de la planta o visitantes, camiones cisterna que vienen a la planta a cargar hidrocarburos y que deben mantener un orden de ingreso, puede estar dentro o fuera de la planta.

3.4 Sistemas de una Planta de Abastecimiento

3.4.1 Sistema Contra Incendios

Agrupar todo el conjunto de personas, equipos y sistemas que se ponen en operación para enfrentar un caso de emergencia con combustión descontrolada.

A fin de efectuar la presente exposición dividimos el sistema contra incendios en:

- Fuentes de abastecimiento y almacenamiento de agua.
- Equipo de presurización.
- Red de distribución
- Un Sistema de Espuma.
- Equipos portátiles
- Sistema de alarma.
- Personal
- Procedimientos

3.4.1.1 Fuentes de Abastecimiento y Almacenamiento del Agua

Está determinado por la localización o lugar geográfico de la unidad, Lo principal del abastecimiento de agua radica en que garantice el suministro de una cantidad de agua apropiada para los riesgos a combatir.

Normalmente se denomina “Fuente Primaria de Abastecimiento de Agua” al lugar de donde se toma el agua (pozo, ríos, lagos, sistema municipal, etc.) y “Fuente Secundaria de Abastecimiento de Agua” el almacenamiento de agua dentro de la industria.

El sistema ideal, es contar con fuentes primaria y secundaria de abastecimiento, siempre y cuando reúnan las siguientes características.

La Fuente Primaria.

Con capacidad suficiente para asegurar un suministro continuo, capaz de suministrar 150% del gasto total necesario para satisfacer el riesgo mayor de la instalación durante un período de 8 horas mínimo.

La Fuente Secundaria. Debe ser capaz de mantener el flujo necesario en caso de incendio. En el caso de instalaciones para Plantas de Abastecimiento de hidrocarburos, el almacenamiento debe ser suficiente para que la bomba o bombas operen durante 4 horas con el gasto máximo previsible. Esta fuente no es parte un almacenamiento, sino parte del agua que se pueda utilizar en la instalación para otros fines.

En nuestro caso no existiría un suministro secundario, además debido a que el suministro primario generalmente no cubre las expectativas nuestra normativa considera el mantener un almacenamiento en depósitos Construidos para contener agua para su disponibilidad inmediata con una capacidad mínima en volumen suficiente como para mantener la bomba o bombas operando durante 4 horas con el gasto máximo previsible, de acuerdo a nuestra normativa.

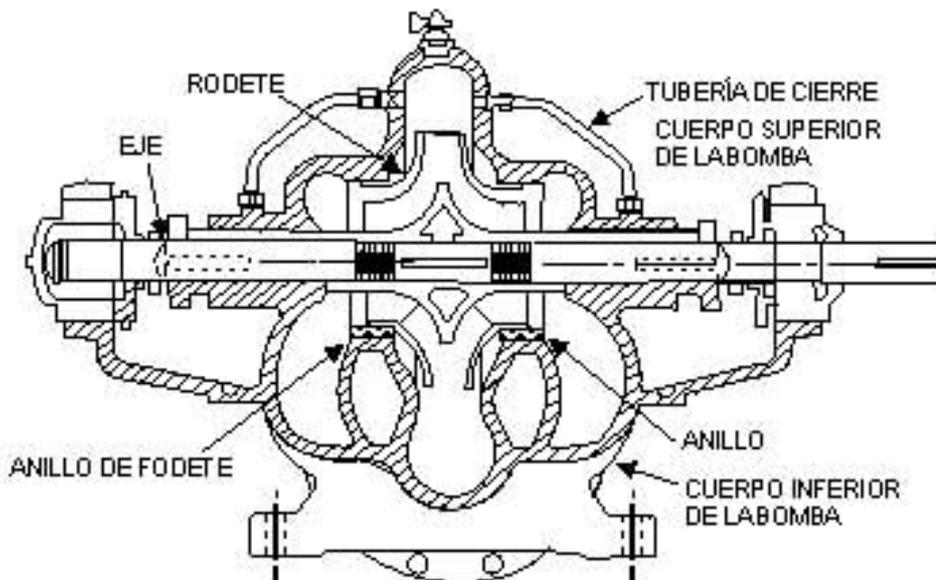
3.4.1.2 Equipos de Presurización (Bombas Contra Incendios)

Son maquinas diseñadas para aumentar la presión del agua, provistas de una tubería de aspiración y otra de descarga, capaz de suministrar grandes volúmenes de agua a presión para la luchar contra un incendio. La bomba puede arrancar manualmente aunque normalmente su arranque es automático, activado a través de una caída de presión en el sistema o por la apertura de un dispositivo de extinción de incendio. Los motores que mueven la bomba pueden ser eléctricos o motores Diesel.

Normalmente se usan dos tipos de bombas, las bombas centrifugas que usan agua en carga o de succión positiva y las bombas verticales de turbina que se abastecen de agua en estado estático.

Para alimentar la red de agua contra incendio se instalan bombas cuyo impulsor tenga una característica tal que cuando el gasto sea cero, la presión desarrollada debe ser del 120% de la carga total requerida, tratándose de bombas horizontales. Para bombas turbina vertical la presión desarrollada debe ser de 140%.

Figura 3.8: Diagrama de una Bomba Horizontal



La presión de descarga de las bombas deberá ser la necesaria en la red, pero en ningún caso será menor que lo indicado en las normas de seguridad, según el tipo de instalación. Cuando la bomba proporcione el 150% del gasto normal requerido la presión a la descarga deberá ser 65% de la carga total desarrollada por la bomba con el 100% de gasto, siendo esta la mínima necesaria para cubrir las necesidades de la red.

Cuando las bombas estén accionadas por motores eléctricos, éstos serán trifásicos, de corriente alterna, tipo jaula de ardilla, y con clasificación eléctrica de acuerdo con su localización.

Cuando se utilice motor de combustión interna para mover las bombas, éste debe tener una potencia por lo menos 20% mayor que la máxima potencia requerida por la bomba a la velocidad de régimen. La selección del motor se debe basar en el análisis cuidadoso de los requisitos que deban llenarse para tener un equipo confiable en su arranque y operación dependiendo estos factores en gran parte de la peligrosidad del área protegida. Si la bomba es accionada por turbina de vapor, ésta deberá tener características de operación tales que con una presión del vapor de alimentación de 75% de la especificada, proporcione la potencia requerida por la bomba y en ningún caso estarán diseñadas para operar a más de 3500 RPM.

La capacidad de las bombas deberá ser tal que permitan mantener los gastos y presiones necesarias incluso en el caso de que se tengan abiertos los hidrantes adecuados para sofocar el incendio más grande, de acuerdo con los riesgos existentes.

La capacidad de las bombas que se instalen pueden ser 500, 750, 1250, 2000 o 2500 GPM y deberán vencer una carga dinámica tal que en la toma de

localización más desfavorable se tenga una presión mínima, de acuerdo con las necesidades que los riesgos existentes requieran.

Esta capacidad va a depender del número de hidrantes o tomas alimentados simultáneamente, como se indica a continuación.

CAPACIDAD	GPM	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
N° de tomas para mangueras de	2 ½	2	3	4	5	6	6	8
	1 ½	6	9	12	15	18	18	24

Figura 3.9: Bomba Jockey



Figura 3.10: Diagrama Bomba Vertical

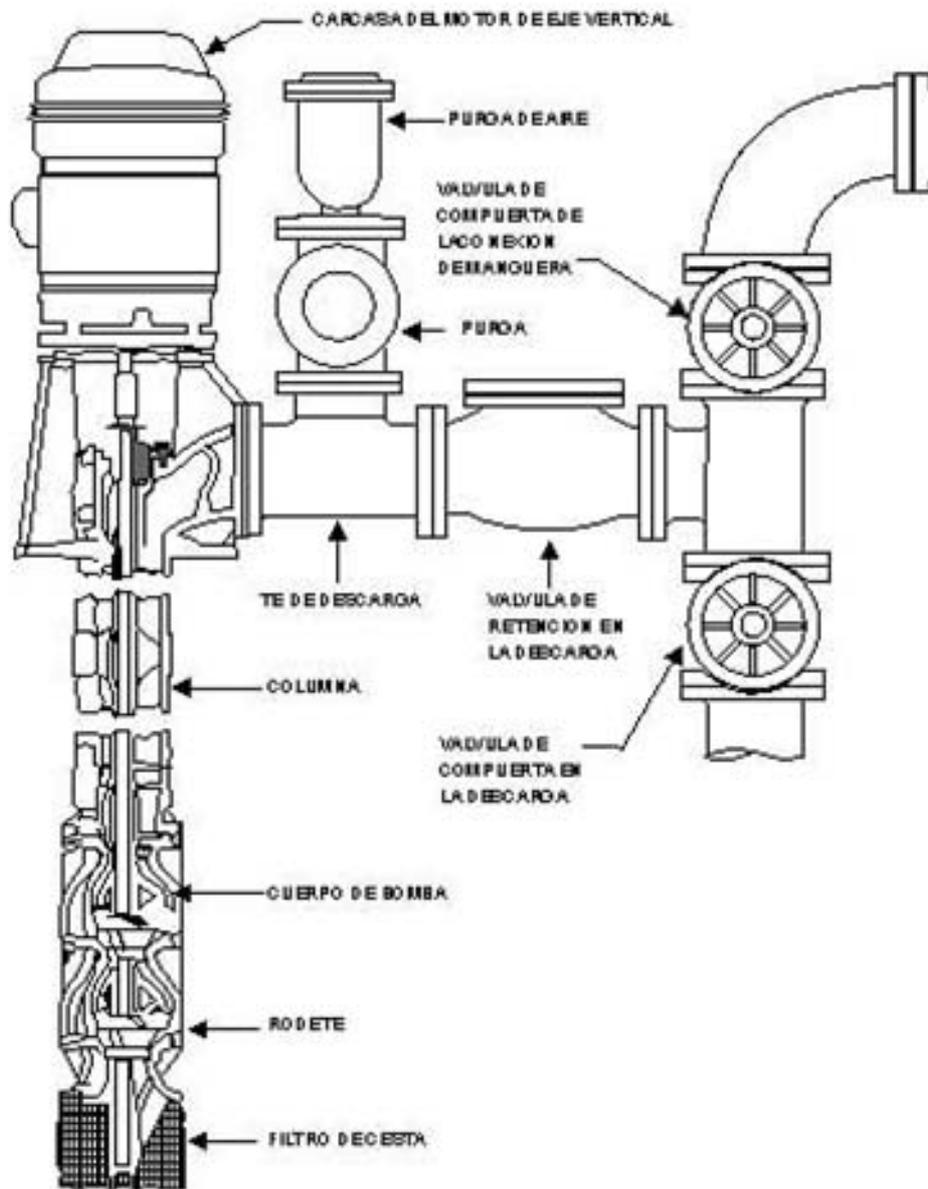


Figura 3.11: Bomba Principal y Motor de Combustión (Diesel)



3.4.1.3 Red de Distribución

Es el sistema de tuberías, válvulas, hidrantes, monitores y accesorios que sirven de vía al agua del sistema contra incendios.

Hidrantes, son dispositivos terminales de la red de distribución de agua en la que se acoplan las mangueras de agua contra incendio. La válvula y sus salidas para mangueras contra incendio son mantenidas en buen estado para permitir la conexión adecuada y rápida de las mismas.

Monitor, es un tubo con o sin tomas para mangueras, al cual se le ha adoptado mediante una brida, una boquilla regulable de chorro directo o niebla con un sistema que le permita girar 120° en el plano vertical y un círculo completo en el horizontal.

Figura 3.12: Diagrama de Monitor e Hidrante

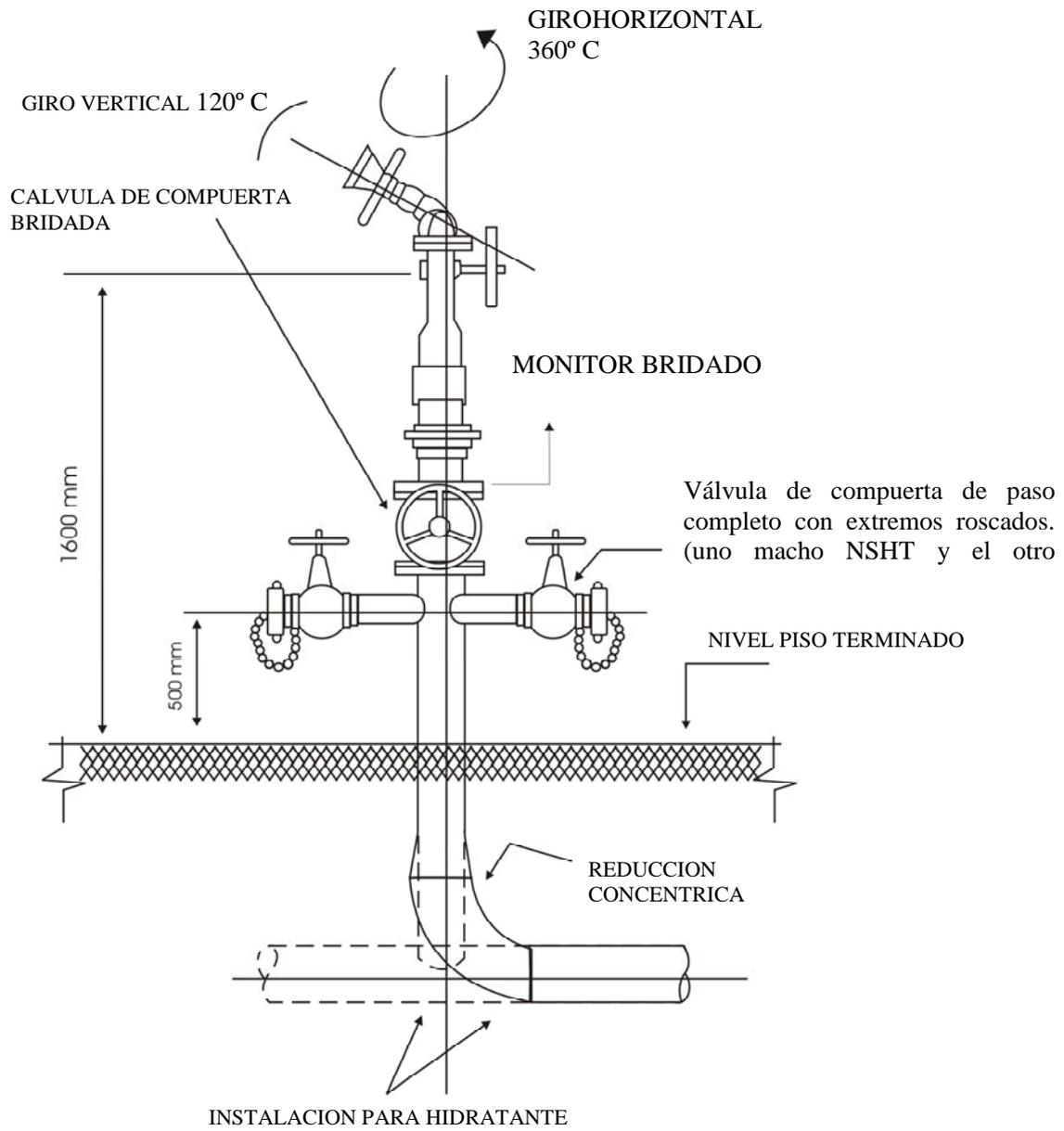


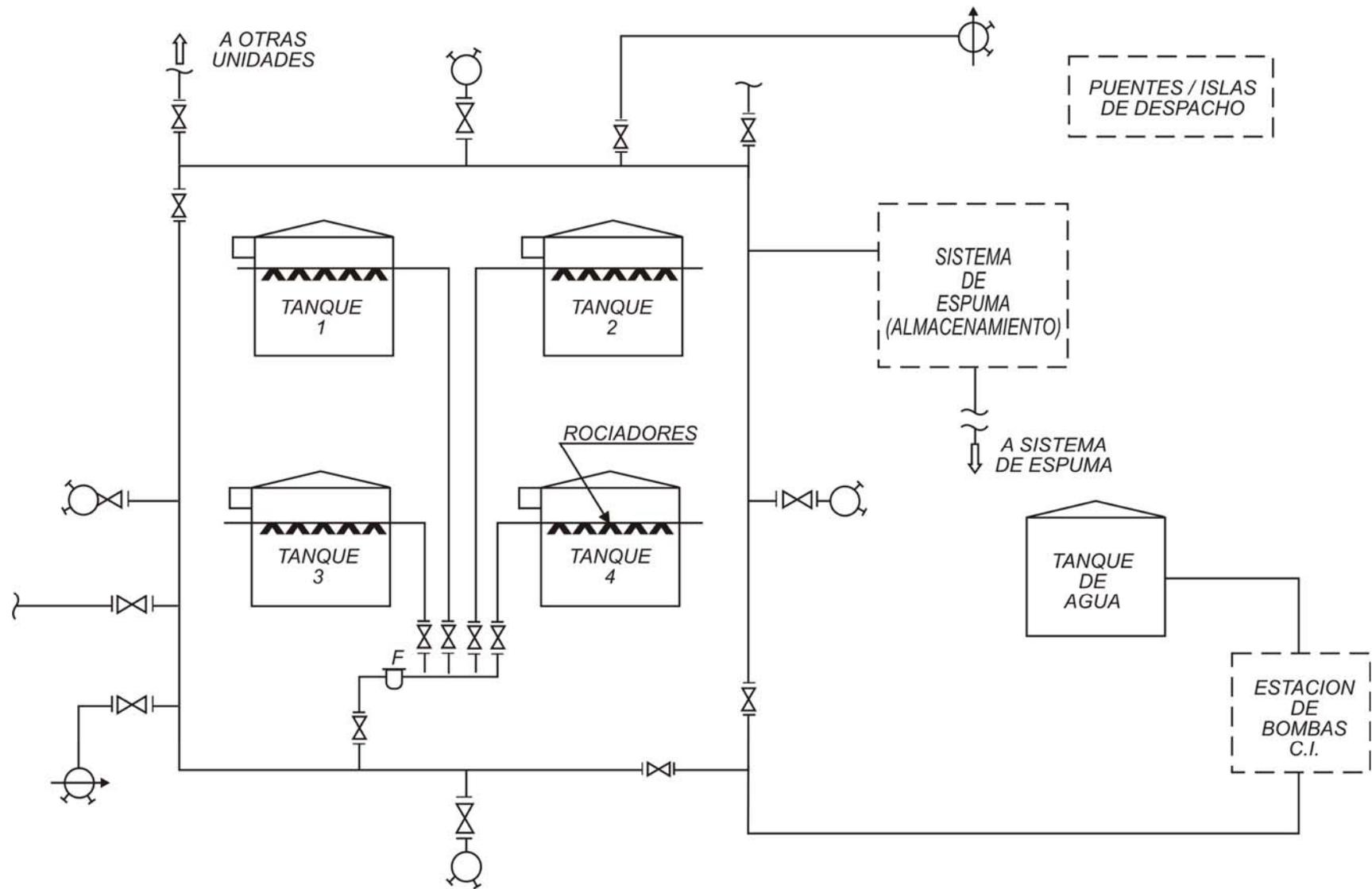
Figura 3.13: Se Observa el Lanzamiento del Chorro de un Monitor



Figura 14: Se Observa a Distancia el Enfriamiento de Un tanque a Través de Monitores



Figura 3.15: Diagrama de un Sistema Contra Incendio



Tubería

Elemento constitutivo principal de la red de distribución, siempre de sección circular y de paredes de espesor constante en tramos regulares. Los materiales de tubería recomendados para la construcción de redes de agua contra incendio, se muestra en las tablas 3.1 (Válvulas) y 3.2 (Tubería).

En general en estas instalaciones podemos encontrar tanto tuberías enterradas como superficiales, en ambos casos se cubren con pintura anti-corrosiva y de color rojo, n el caso de las tuberías enterradas adicionalmente tienen una chaqueta de protección para no soportar cargas mecánicas.

Una vez terminada la instalación de la tubería y antes de cubrir la misma, se prueba durante dos horas como mínimo a una presión 50% mayor que la presión máxima permitida de trabajo.

Es conveniente limpiar periódicamente la red de tuberías para agua contra incendio con el objeto de eliminar las incrustaciones y depósitos interiores.

La limpieza se hacer por medios mecánicos y químicos.

La limpieza mecánica, consiste en raspar y cepillar los depósitos de óxido con herramientas especiales, el material aflojado se expulsa de la tubería con agua a presión.

Los medios empleados para mover la herramienta de limpieza pueden ser:

- Accionamiento hidráulico: el procedimiento consiste en insertar la herramienta de limpieza en un extremo de la tubería, a continuación se hace circular el agua para que la presión de ésta empuje al raspador a través de la tubería, este método se utiliza para tuberías de 4" de diámetro y mayores.
- Accionamiento mecánico: utiliza raspador rotatorio accionado un motor mediante eje flexible. Este procedimiento se usa cuando los depósitos dentro de la tubería son demasiados duros para removerlos con éxito por el método anterior, recomendado para limpiar longitudes de tubería hasta de 100 m.

Limpieza Química. Las sustancias químicas más comunes para limpiar tuberías son ácido clorhídrico diluido u otras soluciones ácidas. Este procedimiento es recomendado usarlo cuando la tubería tiene muchos cambios de dirección. El tipo y concentración del compuesto químico dependerá de la naturaleza de la incrustación. La solución se hace circular continuamente por la tubería o permanecer dentro de ésta hasta limpiarla. Para reducir la reacción en el tubo posteriormente a la aplicación del compuesto se debe usar algún tipo de inhibidor de corrosión.

Válvulas

Es un dispositivo que regula el paso del agua en la red contra incendio, aislando o seccionando un tramo de la tubería cuando la válvula esta cerrada o regulando el flujo de agua que pasa por ella. Las válvulas pueden instalarse a la intemperie o en registros, y pueden ser de compuerta con vástago saliente o de apertura rápida.

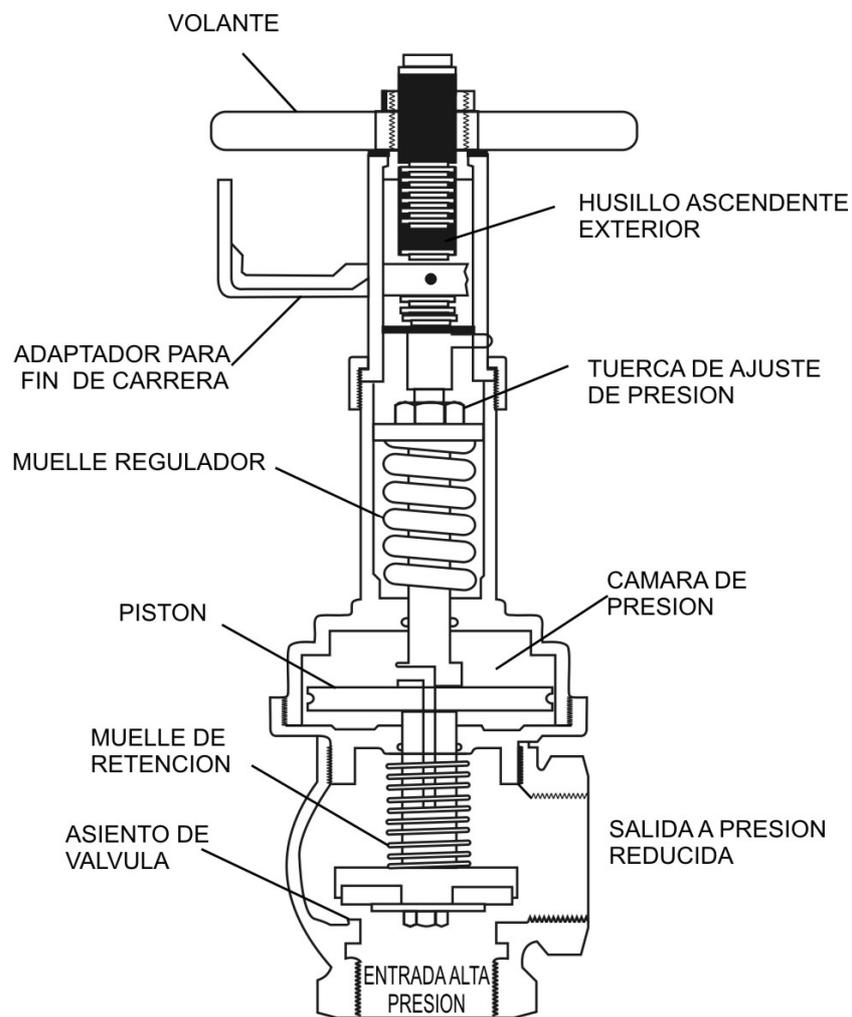
En el caso de las válvulas enterradas estas son equipadas con poste indicador que permite abrir o cerrar la válvula desde el exterior, al mismo tiempo señala cuando esta abierta o cerrada. Este es colocado de manera que la parte superior queda a una altura máxima de 90 cm sobre el nivel del terreno y con protección contra golpes en lugares donde así se requiere.

Cuando las válvulas se instalan en registros estos son de tamaño adecuado y fácilmente accesibles para inspección, operación, prueba y mantenimiento. Dichos registros se construyen de concreto o tabique, cubiertos con tapas que evitan el paso de agua al interior, además tiene drenajes para eliminar los escurrimientos de agua.

Todas las válvulas de seccionamiento tienen claramente marcada la sección o porción de la red contra incendio que ponen fuera de servicio al estar cerradas. Esto se hace utilizando un sistema práctico de identificación.

Las válvulas de seccionamiento se prueban abriéndolas y cerrándolas totalmente bajo presión, lubricándolas a la vez.

Figura 3.16: Diagrama de una Válvula



Mangueras para Agua Contra Incendio

Las mangueras para agua contra incendio son el vínculo entre el hidrante y la boquilla usada para dirigir el chorro de agua al fuego, consisten en un tubo de hule natural o sintético, reforzado exteriormente por un tejido de algodón o de material sintético, en una o en varias capas.

Las mangueras son generalmente de 1 ½" o 2 ½" de diámetro nominal, con conexiones de bronce cuyo roscado tiene 9 x 7 ½ hilos por pulgada, respectivamente; vienen en tramos de 15 y 30 metros (50 y 100 pies) de longitud.

En cada uno de los extremos llevan conexiones de bronce, un extremo con acople hembra y el otro extremo con acople macho, para acoplarlas entre sí o a otros equipos.

TABLA N° 3.1: VÁLVULAS PARA TUBERÍA AEREA DE REDES DE CONTRA INCENDIO

		PARTIDAS	DIÁMETRO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
VÁLVULAS	ROSCADAS	Compuerta (cuña solida)	1 ½" y menores	150 SWP, RSIS, UB	B62
		Compuerta (cuña sólida)	2 ½" (nota 1)	150 SWP, RSIS UB	B62
		Compuerta (doble disco)	1 ½" y 2 ½"	300 RSIS, UB, Rosca hembra NPT y roca macho NSHT (con tapón, cachuca y cadena)	B62, interiores de bronce con niquel
		Retención (tipo pistón)	1 ½" y menores	150 tapa roscada	
	BRIDADAS	Compuerta (cuña sólida)	2" y menores	125 FF. OSEY. BB	A126 IBBM
		Retención(columpio)	2" y mayores	125 FF, BC	A126 IBBM
		Macho (lubricadas)	2" a 4" (nota 2)	150 RF	A216 Grado WCB
		Macho (lubricadas)	2" a 4" (nota 2)	200 FF	A216 Clase B

Notas:

- 1) Para usarse exclusivamente en hidrantes
- 2) Para usarse únicamente en monitores

Abreviaturas:

IBBM	:	Cuerpo de hierro con interiores de bronce (Iron Body Bronze Mounted)
SWP	:	Presión de operación con vapor (Steam Working Pressure)
NSHT	:	Rosca estándar para operaciones de mangueras (Nacional Standard Hose Thread)
RSIS	:	Vástago saliente con rosca interior (Rising Stem Inside Screw)
UB	:	Bonete de unión roscada (Union Bonne)
OSEY	:	Yugo con rosca exterior (Ouside Screw and Yoke)
NPT	:	Rosca estándar para tubería (National Pipe Thread)
BB	:	Bonete atornillado (Bohed Bonnet)
BC	:	Tapa atornillada (Bohed Cap)
FF	:	Cara plana - bridas (Flat Face)
RF	:	Cara realzada - bridas (Rabed Face)

TABLA N° 3.2: MATERIALES PARA TUBERÍA AEREA DE REDES DE CONTRA INCENDIO

	PARTIDA	DIÁMETRO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
TUBO	Extremos roscados y cople	1 ½" y menores	Sin costura Cod. 80	Acero al carbón ASTM A-12 mínimo
	Extremos biselados	2" a 10"	Sin costura Cod. 40	
	Extremos biselados	12" y mayores	Con costura Cod. STD	
	Niples	2 ½" y menores	s/ cost. Cod 89 (ambos extre roscados)	Acero al carbón ASTM A-120 mínimo
			s/ cost. Cod. 80 (un extremo roscado)	
BRIDAS	CUELLO SOLDABLE	2" y mayores 2" y mayores	150 RF (unión entre bridas) 150 FF (unión c/val)	A181 GR I
CONEX.	ROSCADAS	1 ½" y menores	2000 tuerca unión con asiento de a contra bronce 3000	A105 GR II
	COMPLES ROSCADOS	1 ½" y menores		
	SOLDABLES A TOPE	2" y mayores	Cod. De acuerdo con la del tubo	A234 GR WPB
JUNTAS		TODOS	Asbesto comprimido de 1.5 mm (1'16' espesor	D-1170
TORNILLERIA		TODOS	Tornillos maquina de cabeza cuad con tuercas hexagonales	A307 A194 GR
UNIONES	MANTENIMIENTO	1 ½" y menores 2" y mayores	Tuerca unión Brida	
	NORMAS	1 ½" y menores 2" y mayores	Coples Soldables a tope	

NOTAS: RF= Cara realizada- bridas (Rabed Face) FF= Capa plana- bridas (Flat Face)

3.4.1.4 Sistema de Espuma Contra Incendio

Es el sistema que almacena, bombea, mezcla y expande la espuma. Los sistemas de espuma, no obstante su tamaño o complejidad, consisten de los mismos componentes básicos; cada uno de ellos es importante para lograr un resultado exitoso al combatir el incendio, ellos pueden ser fijos o móviles o una combinación.

Tanto los sistemas de espuma fijos como móviles utilizan la presión generada por las bombas del sistema contra incendios de la instalación empleando un tubo venturi para tal fin, sin embargo también pueden utilizar una bomba portátil.

Figura 3.17: Camión Hidrante con Sistema Móvil de Espuma



a) Sistemas Móviles para Espuma Mecánica

Son aquellos sistemas para espuma mecánica que pueden trasladarse según en donde sean requeridos, estos equipos son instalados en un vehículo. Por ejemplo se puede equipar un camión con una bomba de agua de alta capacidad, un sistema de dosificación de presión balanceada o en línea y un tanque de almacenamiento de líquido de espuma conectándose posteriormente la alimentación del agua en la zona del incendio.

b) Sistemas Fijos para Espuma Mecánica

Los sistemas fijos para generar espuma mecánica constan de una fuente de suministro de agua, bombas, para darle al agua la presión necesaria una “casa de espuma” de donde parte la red de tuberías que la conduce a cada uno de los tanques o instalaciones a proteger y donde se producirá la espuma a través de sus respectivas formadores de espuma fijos.

En la casa central se encuentra el depósito para el líquido espumador, los proporcionadores de este líquido, y las bombas de agua. En la “casa de espuma” generalmente está instalado un tablero con instrucciones de operación del sistema contra incendio, indicándose también, las características de las bombas, capacidad de los proporcionadores, capacidad del tanque de almacenamiento del líquido espumante y un diagrama de las instalaciones que indique la posición de las válvulas de control con la nomenclatura de éstas.

Cámara para Espuma Mecánica

La cámara de espuma es un aparato que se instala permanentemente en la parte superior de la pared externa del tanque a proteger, con un sello para evitar la fuga al exterior de los vapores del líquido inflamable almacenado. Estas cámaras se utilizan para formar e introducir la espuma al tanque.

Existen dos clases de cámaras: las de tipo I y las de tipo II, las primeras se usan generalmente para proteger tanques que almacenen solventes polares como el alcohol, acetonas, ésteres, etc. Pero también pueden usarse satisfactoriamente en tanques que almacenan productos del petróleo. Las cámaras de tipo I constan de un formador de espuma, una placa de orificio, un sello y una manguera, llamada "Tupo Mouller" enrollado dentro de la cámara, que al ponerla en operación se desenrolle rompiendo el sello, depositando suavemente la espuma sobre la superficie del líquido incendiado.

La cámara tipo II es la más comúnmente usada en la industria petrolera, se usa para proteger tanques que almacenan productos del petróleo como crudos, Diesel, gasolina, etc.

Esta cámara consta de un formador de espuma, una cámara de expansión un sello y un deflector para que la espuma resbale por la pared del tanque y se deposite suavemente sobre la superficie del incendiado.

Figura 3.18: Tanque con Cámara de Espuma



En general para todo sistema de espuma ya sea móvil o fijo se cuenta con:

- Abastecedor: El abastecimiento de agua para incendios proviene de camiones- cisterna o un sistema hidrante. Los volúmenes y presiones necesarias dependen del tipo y el tamaño del riesgo de líquido inflamado.

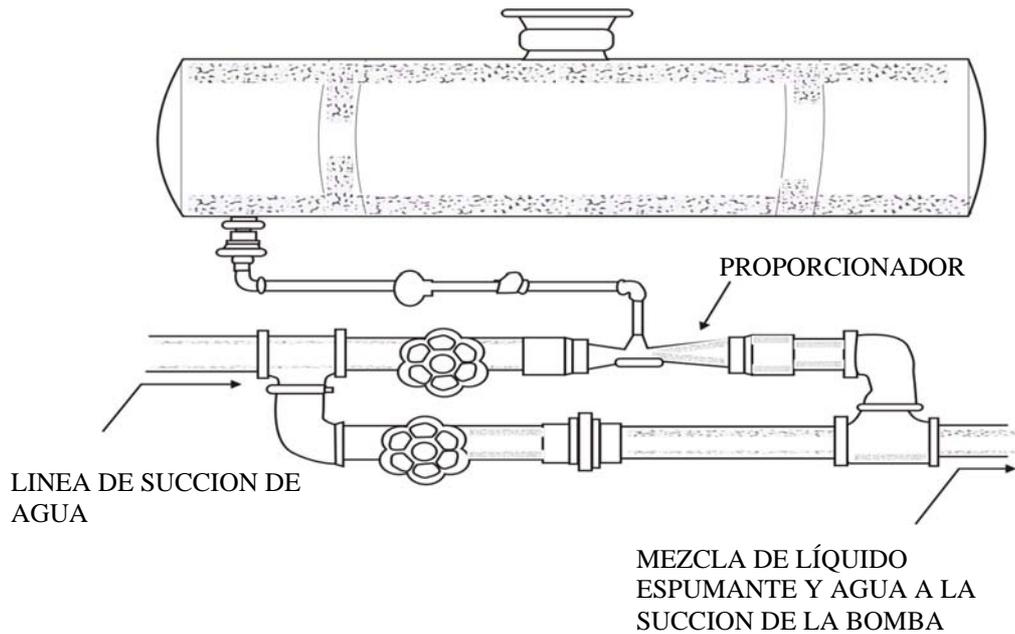
- El líquido de espuma: Concentrado de espuma que se almacena en baldes, tambores o tanques de grandes capacidades, los tanques de líquido de espuma pueden ser estacionarios o montados sobre camiones o remolques. La cantidad y el tipo de espuma dependen del tamaño y tipo del riesgo.

Figura 3.19: Tanque de Concentrado de Espuma



- El Dosificador: Equipo que mezcla correctamente el líquido de espuma con el agua y produce una solución espumante. Varios tipos diferentes de aditamentos dosificadores se encuentran disponibles, el tipo y la capacidad del dosificador depende del tipo y el tamaño del riesgo del líquido inflamable. Se pueden diferenciar dos clases de dosificadores:
 Dosificadores a Presión: Son los que utilizan la presión positiva o negativa que utiliza la bomba del agua del sistema contra incendio para introducir el extracto de espuma en el flujo de agua. Por ejemplo: Dosificador en la succión de la bomba, y Dosificadores entre la succión y la descarga de la bomba.

Figura: 3.20: Dosificador a Presión



Dosificadores en Línea: Son los que utilizan la presión de otra bomba para introducir el extracto de espuma en el flujo de agua. Por ejemplo: Dosificadores de Desplazamiento positivo y bombas dosificadoras.

- El Formador de Espuma: (Aspirador de Aire) mezcla mecánicamente el aire atmosférico con la solución de espuma luego deposita la espuma expandida y acabada en la superficie del líquido inflamado. Hay muchos tipos de productores de espuma disponibles para cubrir la variedad infinita de incendios; el tipo, cantidad, capacidad y ubicación de los productores de espuma depende del tipo y tamaño del riesgo.

Figura 3.21: Boquilla Proporcionadora de Líquido Espumante y Generadora De Espuma Mecánica

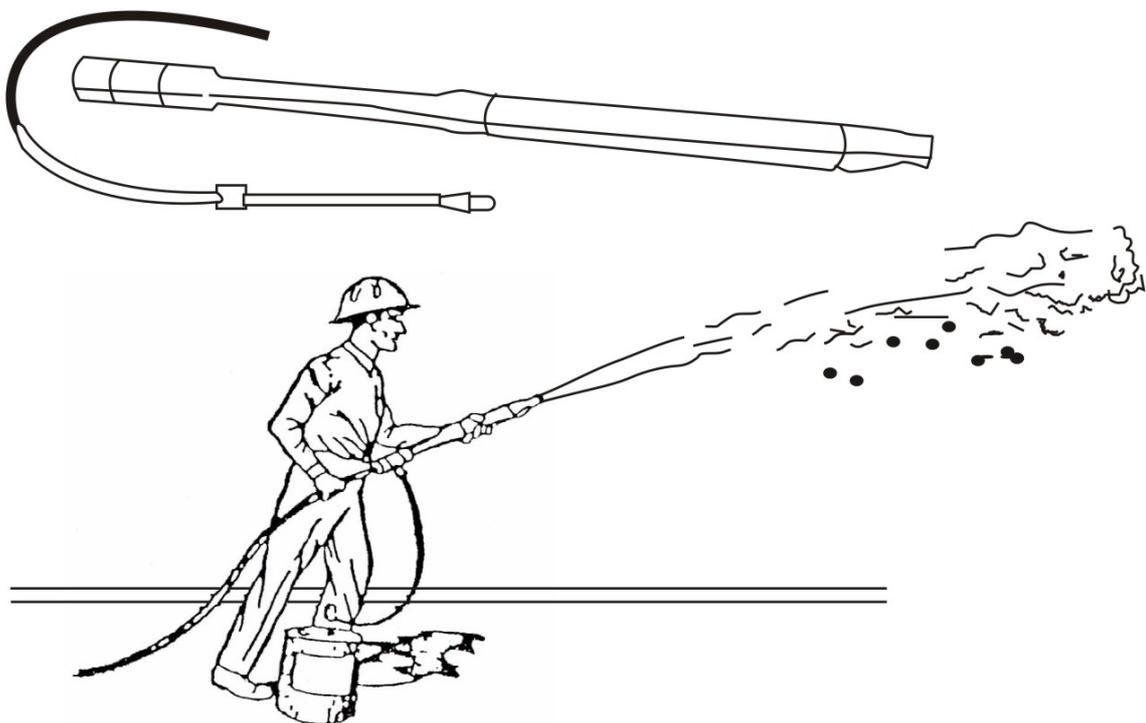


Figura 3.22: Diagrama de un Sistema de Espuma

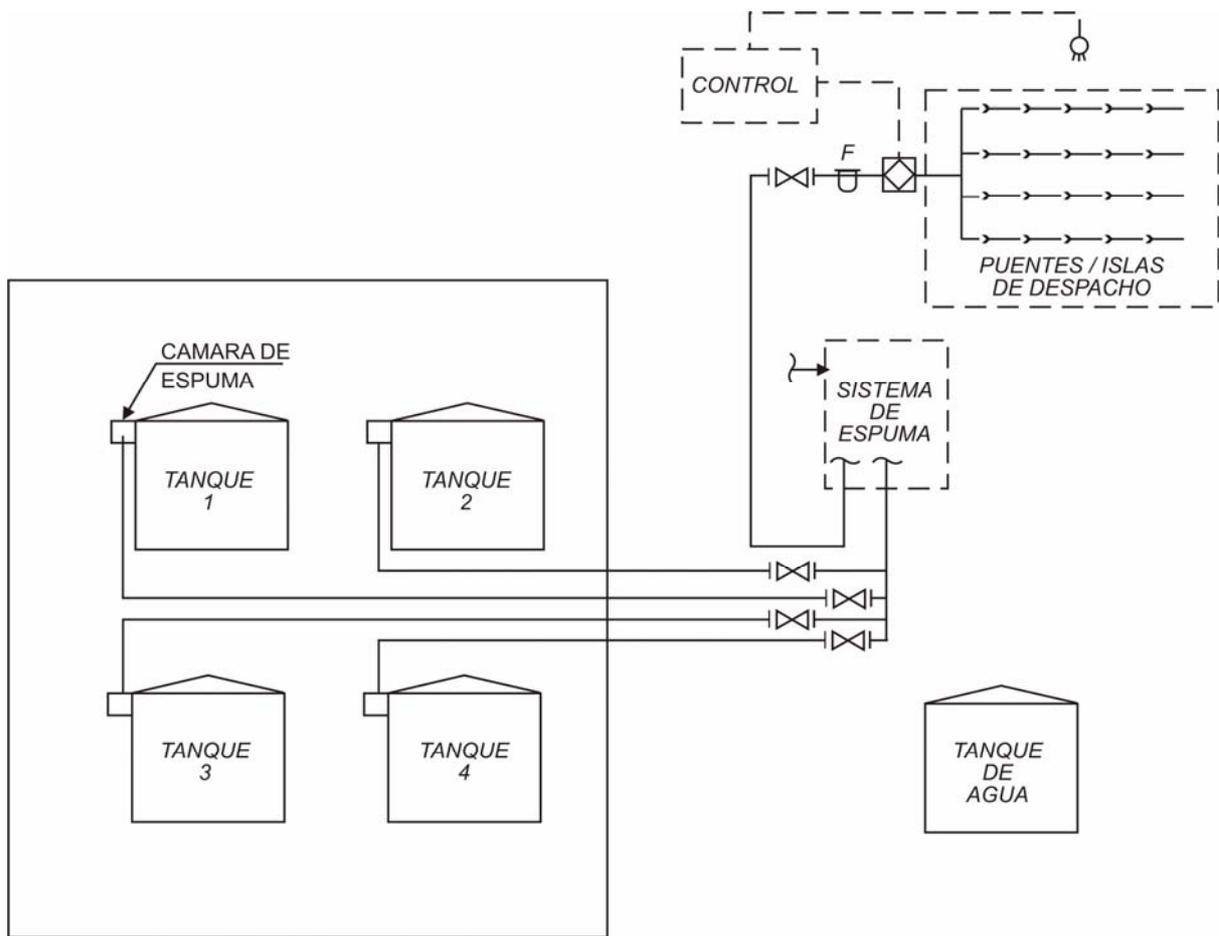


Figura 3.23: Dispensador Plano de Espuma



Figura 3.24: Dispensador Plano de Espuma

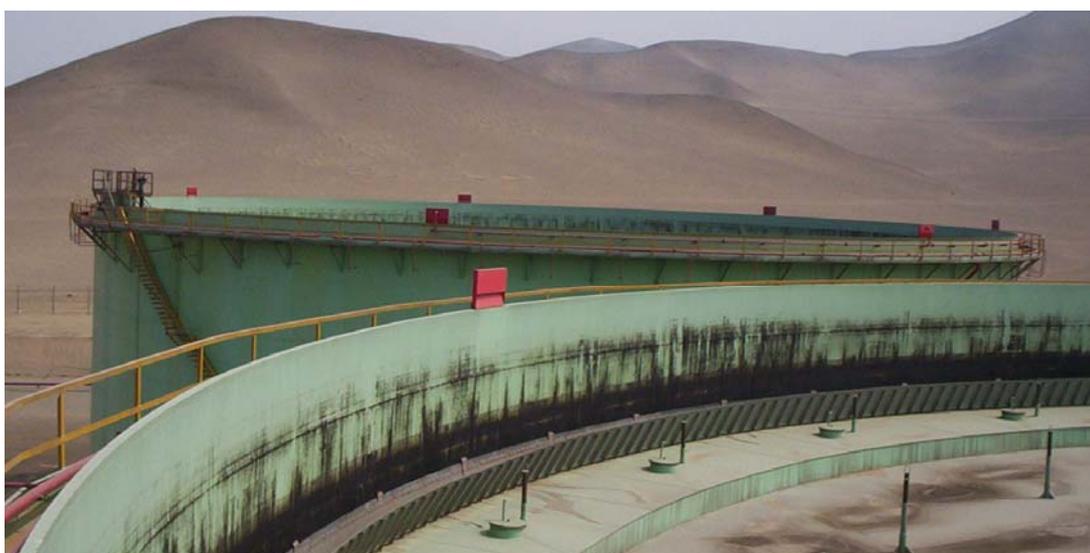


Figura 3.25: Dispensor



Figura 3.26: Boquilla del Dispensor



3.4.1.5 Equipos Portátiles

En lo que respecta al sistema contra incendio, se refiere a todo equipo móvil y fácil de transportar que facilite la labor de los bomberos y/o los proteja, como por ejemplo: El equipo de respiración, los extintores portátiles, radios, etc.

3.4.1.6 Sistema de Alarma

Es el sistema contra incendios que suministra señales audible y/o visible, como resultado de la activación manual de un pulsador para casos de incendios, del disparo de un detector de incendios tal como un detector de calor o humo, o de la activación de un sistema de protección tal como una instalación de rociadores. Los equipos de generación de alarmas audibles y/o visibles se conocen comúnmente como dispositivos de aviso. Los termostatos, detectores, pulsadores manuales, etc. se conocen comúnmente como dispositivos iniciadores de alarma,

3.4.1.7 Personal

El personal a cargo de la lucha contra incendios es el factor más importante e imprescindible del sistema, por su capacidad de acción y decisión para enfrentar las contingencias en el desarrollo de una emergencia. Durante su participación el personal es equipado con implementos que protejan su vulnerabilidad, como por ejemplo los siguientes elementos: Casco, visera, lentes de seguridad, sistema de respiración, botas y guantes de seguridad, etc.

Figura de 3.27: Equipos y Vestimentas de Seguridad



3.4.1.8 Procedimientos

Conjunto de documentos preparados con el fin de organizar al factor humano y estandarizar las actividades para enfrentar un caso de emergencia.

Los procedimientos deben organizar, asignar, distribuir e instruir sistemática y metódicamente al personal a cargo de la lucha contra incendios, conocidos también como bomberos, estandarizando los pasos a seguir en caso de una emergencia de tal forma que el esfuerzo desplegado sea el necesario evitando riesgos innecesarios y actuando en un tiempo oportuno.

3.4.2 Sistema de Drenaje y Tratamiento de Efluentes

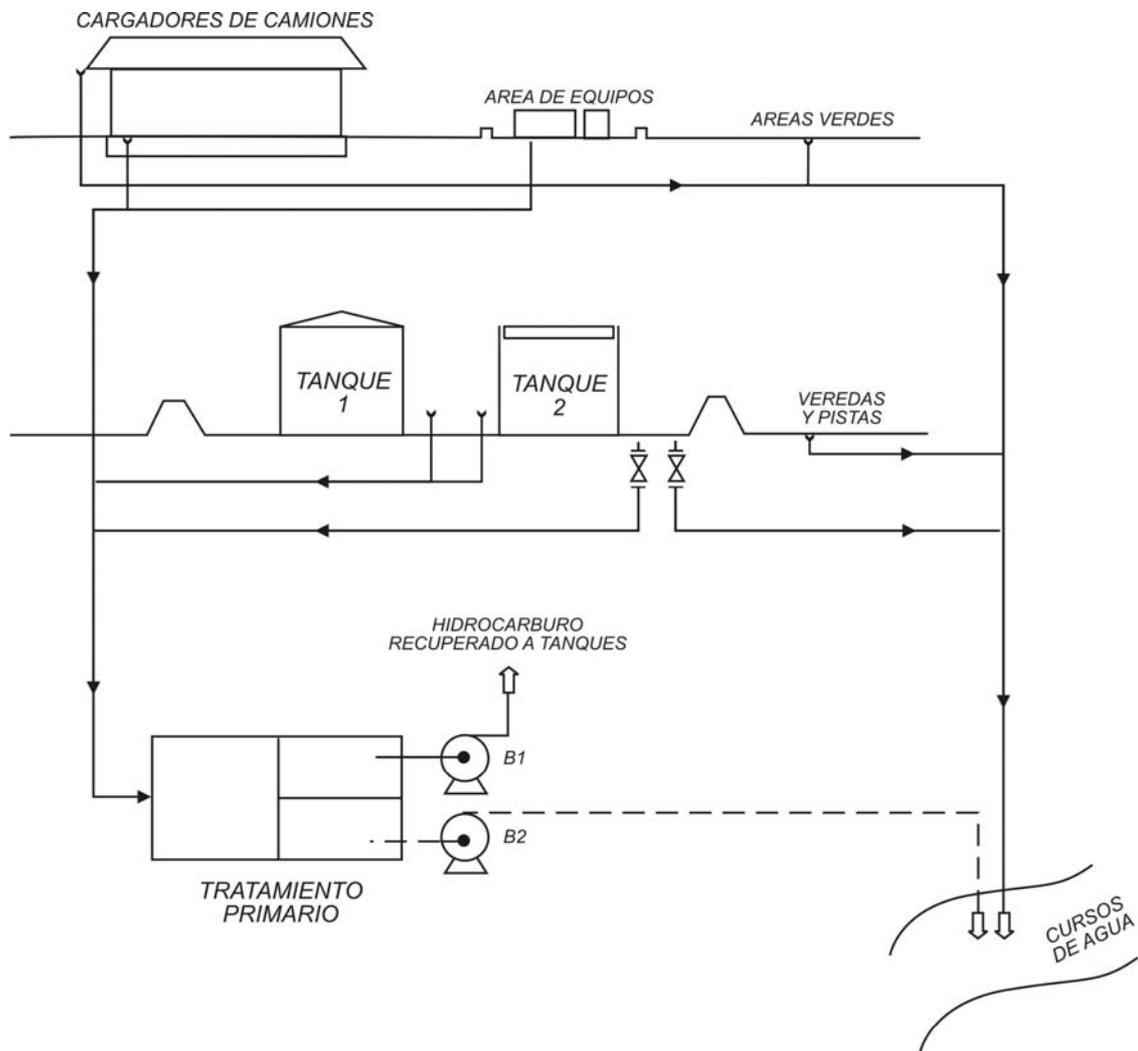
Este sistema se encarga de recopilar los fluidos vertidos en y por la planta con el fin de procesarlos según sea el caso a fin de evitar el vertimiento de sustancias nocivas a los mantos acuíferos cercanos a la instalación o a la red de desagües y alcantarillado de la ciudad.

Esta constituido por una red de tuberías, ductos, válvulas y accesorios encargados de conducir los líquidos contaminantes y las acumulaciones de agua de lluvia, hacia un tratamiento dependiendo del caso, a fin de reducir los contaminantes a un nivel aceptable, este tratamiento se puede realizar a través de compuestos químicos o de pozas que utilizan la gravedad para separar los compuestos derivados de los hidrocarburos del agua.

Figura 3.28: Poza API



Figura 3.29: Diagrama del Sistema de Drenajes



LEYENDA

- DRENAJE NO CONTAMINADO
- - - - - AGUA TRATADA
- DRENAJE CONTAMINADO
- HIDROCARBURO RECUPERADO
- N.C NORMALMENTE CERRADO
- B BOMBA

CAPITULO IV

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO

4.1 Generalidades

El sistema contra incendio de una planta de abastecimiento como el descrito en el capítulo anterior, representa el soporte de seguridad frente al peligro latente que constituye los combustibles. Esta seguridad sería dudosa y riesgosa, si se desconociera el estado del sistema contra incendio, por lo que, su evaluación permanente es fundamental.

La evaluación de un sistema contra incendio de una instalación involucra la comparación de los alcances del sistema para cubrir las necesidades de la instalación existente; en este caso pareciera que la solución resultaría de la evaluación en campo solamente, pero para facilidad de la obtención del resultado de la evaluación, es conveniente el análisis previo de la información técnica.

En este orden de ideas, en el presente capítulo se presenta la propuesta de metodología de evaluación operativa del sistema contra incendio de una planta de abastecimiento de combustibles líquidos, considerando la legislación nacional vigente, mencionado en el capítulo II, también teniendo presente los estándares de aceptación internacional aplicables a las plantas de abastecimiento definida anteriormente, que manipulan combustibles líquidos, autorizados por la Dirección general de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas.

La metodología propuesta, está dirigida a calificar el estado operativo del sistema contra incendio, en el sentido que en caso de emergencia, el sistema contra incendio opere en todas sus partes para extinguir o controlar el siniestro, en un comienzo captando e identificando el punto o lugar de inicio del incendio, posteriormente anunciando o dando la señal de alarma, paralelamente al arranque del sistema de agua y espuma contra incendio, que se mantendrán en operación hasta extinguir el fuego o controlarlo, entendiéndose por controlar al detener su avance y su crecimiento.

La metodología propuesta se fundamenta en tres aspectos:

1. Conocer previamente en detalle la instalación por evaluar.
2. Evaluar los cálculos del sistema.
3. Efectuar los trabajos de campo.

La aplicación de estos tres aspectos, hace necesario dividir las actividades en tres etapas:

- Revisión de la información técnica
- Análisis de la información técnica
- Trabajo de campo

4.2 Revisión Información Técnica

Esta etapa importante, que está relacionado el conocimiento en detalle de la instalación por evaluar, consiste en recopilar o recabar la información del sistema, que proveerá de datos valiosos, que serán utilizados para validar los cálculos básicos efectuados para tal fin, como la información de los certificados de equipos y materiales que forman parte del sistema contra incendio.

Los documentos a revisar son:

- El Estudio de Riesgos
- La Memoria Descriptiva del Sistema Contra Incendio
- El Plano de Situación.
- El Plano de Ubicación
- El Plano de Distribución General
- El Plano de Clasificación de Áreas
- El Plano del Sistema de Drenajes
- El Plano del Sistema Contra Incendios
- Plano de Detalle del Tanque de Almacenamiento de Agua
- El Cuadro de Distribución de Tanques
- Manual de Operación del Sistema Contra Incendio
- Programa de Mantenimiento
- Plan de Contingencias
- Certificados de Calidad de los equipos y accesorios que forman parte del Sistema Contra Incendio

a) Estudio de Riesgos

Como el nombre lo indica el Estudio de Riesgos, es el documento donde se analiza los posibles riesgos que podrían estar presentes en la instalación, identificando: Su ubicación, las áreas y/o zonas de mayor riesgo y las medidas necesarias para minimizar el mismo, entre estas medidas se encuentra el determinar la cantidad de agua y concentrado de espuma.

b) Memoria Descriptiva del Sistema Contra Incendio

Este documento contiene las características técnicas y condiciones de diseño del sistema contra incendio, indicando los equipos y materiales, especificaciones técnicas y normas y/o estándar de fabricación de los mismos.

c) Plano de Situación

Este plano contiene información de las instalaciones públicas o privadas posibles de ser afectadas por el potencial riesgo que representa una planta de abastecimiento para ellos o viceversa.

d) Plano de Ubicación

Este Plano contiene información de las distancias a calles, pistas, veredas, vías de ferrocarril, carreteras, postes y torres que conduzcan cables de media y alta tensión, estaciones y subestaciones eléctricas, centros de transformación y transformadores eléctricos u otras instalaciones donde pueda existir fuego abierto,

e) Plano de Distribución General

Este plano contiene información de las partes integrantes de la planta de abastecimiento, tales como la zona de tanques, tanques con sus respectivos números locales, capacidades, cercos, acceso, estacionamiento, oficinas, estaciones de bombeo, ventilaciones, islas, surtidores y dispensadores, zonas de lubricación, aire comprimido, oficinas y otros contemplados para los diferentes servicios, según corresponda.

f) Plano de Clasificación de Áreas

Este Plano contiene información de las áreas de riesgo según la clasificación de la NFPA.

g) Plano del Sistema de Drenajes

Este plano nos indica la ubicación de las tomas del drenaje, válvulas de control y hacia donde dirigen los efluentes.

h) Plano del Sistema Contra Incendios

Este plano contiene información de las características básicas del sistema contra incendio como: Distribución, recorrido y ubicación de los componentes del sistema, especificaciones técnicas de la bomba contra incendio y equipos complementarios, capacidad del tanque de almacenamiento de agua, longitud de tubería, accesorios utilizados como por ejemplo: válvulas, codos, etc.

i) Plano de Detalle del Tanque de Almacenamiento de Agua.

Este plano contiene información de las características de las tuberías de carga y descarga del tanque, tipo de plancha, anclajes, tubería de ventilación, etc.

j) Cuadro de Distribución de Tanques de Hidrocarburos

Es cuadro nos indica las cuales son los tanques de que dispone la planta de abastecimiento, sus dimensiones, tipo, capacidad y productos almacenados.

k) Manual de Operación del Sistema Contra Incendio

En este manual se indica los pasos a seguir para operar los diferentes equipos del sistema contra incendios, como por ejemplo el arranque de las bombas del sistema contra incendios, etc.

l) Programa de Mantenimiento

Este programa indica las fechas en que se realizará mantenimiento a los diferentes equipos del sistema contra incendios, su periodicidad y si ya fue ejecutado.

II) Plan de Contingencias

En el plan de contingencia se indica en forma detallada las acciones a llevarse a cabo en caso de emergencias, como resultado de derrames, fugas, incendios, desastres naturales, etc. Así mismo contiene la siguiente información:

1. La organización y procedimiento para controlar la emergencia.
2. Procedimiento para reportar el incidente y establecer una comunicación entre el personal del lugar donde se produjera la emergencia, el personal ejecutivo del establecimiento, el OSINERG, la DGH y otras entidades, según se requiera.
3. Procedimiento para el entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de emergencia y respuesta.
4. Descripción general del área de operaciones.
5. Lista del tipo de equipos a ser utilizados para hacer frente a las emergencias.
6. Lista de contratistas o personas que forman parte de la organización de respuesta, incluyendo apoyo médico, otros servicios y logística.

m) Certificados de Calidad de los equipos y accesorios que forman parte del Sistema Contra Incendio

En estos documentos se indican las características técnicas de los equipos y accesorios utilizados en la construcción de las instalaciones de la planta, se debe revisar que cumplan con las características de su ubicación, productos que almacenan o fluyen por ellos; en el caso del sistema contra incendio deben ser certificados por UL o FM.

4.3 Análisis de la Información Técnica

En esta etapa se evalúa la información de la instalación, según lo indicado en los estándares de la NFPA y la normativa nacional vigente, para este fin dividiremos el análisis de la información en las siguientes etapas.

- Determinación de la zona de mayor riesgo y el punto más lejano.
- Cálculo de los Sistemas de Espuma
- Cálculo del Abastecimiento de Agua
- Evaluación de la Información de las Instalaciones

4.3.1 De la Zona de Mayor Riesgo y el Punto Cuyo Suministro Origina Mayor Caída de Presión.

El punto incendiado que suscite el mayor peligro a la instalación es considerado como el punto de mayor riesgo, este punto es analizado e identificado en el estudio de riesgos. A priori en una Planta de Abastecimiento se puede establecer que el punto de mayor riesgo es aquel que comprende el tanque de almacenamiento que tiene la mayor capacidad y/o contiene el producto de mayor peligro.

Como es de suponer se puede dar el caso, de que varias zonas tengan similares riesgos, razón por la cual en el estudio de riesgos se evalúan todas las zonas riesgosas y se dimensiona el sistema contra incendio para la zona que requerirá la mayor cantidad de agua y espuma.

De igual forma el estudio de riesgos estudia y evalúa el punto más lejano cuyo suministro con agua contra incendio cause la mayor caída de presión, esta pérdida de presión es la que predomina en el dimensionado de la bomba del sistema contra incendio,

El estudio de riesgos realiza esta evaluación con ayuda del plano del sistema contra incendios, en él se determina cuales son los posibles puntos cuyos suministros causen la mayor caída de presión.

Elegidos los posibles puntos cuyos suministros causen la mayor caída de presión se evalúa cual de ellos es el mayor, mediante el teorema de Bernoulli y será este punto que en la prueba de campo verificaremos sus condiciones de operación.

4.3.2 Del Sistema de Espuma

En el análisis del sistema de espuma se requiere conocer y ejecutar los siguientes pasos:

- Cálculo del Área de Riesgo.
- Determinación de la Razón de Aplicación de la Mezcla Agua/Extracto de Espuma
- Determinación del Caudal de la Mezcla Agua/Extracto de Espuma
- Determinación del Tiempo de Aplicación de la Espuma
- Determinación del Volumen de Extracto de Espuma

a) Del cálculo del área de riesgo

Teniendo en cuenta que, la extinción de incendios mediante espuma mecánica consiste en la formación de una cubierta que no permite el paso del vapor de combustible evitando su contacto con el aire y la consiguiente formación de mezclas inflamables, se considera como área de riesgo toda la superficie libre del líquido, que en el caso de tanques cilíndricos verticales de techo fijo está determinada por:

$$Ar = 0.76 D^2$$

D: Diámetro del tanque

En los tanques de techo flotante que presentan una mínima superficie de evaporación, el área de riesgo, es decir, la superficie que produce vapor de

combustible para formar con el aire mezclas inflamables, está reducido considerablemente; esta área de riesgo está determinada por el anillo circular formado entre la pared del tanque y el techo flotante.

$$Ar = 0.79 (D_1^2 - D_2^2)$$

Ar = Área de riesgo

D1= Diámetro del tanque

D2= Diámetro del techo flotante

Además de tomar en cuenta todos los puntos enunciados para la protección de tanques de techo fijo, para tanques de techo flotante, se considera la construcción de un embalse circular para la retención de espuma en el área de riesgo, ubicado en el techo flotante y con una altura no menor de 30 centímetros, con sus respectivos canales que permitan el drenaje del agua que se forma como resultado de la destrucción de la espuma mecánica o del agua pluvial en el embalse.

b) De la razón de aplicación de la mezcla agua / extracto de espuma

La razón de aplicación de la mezcla agua / extracto de espuma estará determinada por el tipo de equipo que la vierte y el tipo de producto que se almacena como reserva, en concordancia con el NFPA 11 y el DS-052-93-EM, como se aprecia en los cuadros siguientes:

Monitores y Líneas Manuales (Mangueras)

Tipo de producto	Hidrocarburos	Alcoholes y Solventes Polares
Razón de Aplicación	6.5 l/min*m ² (0.16 gpm/ft ²)	9.8 l/min*m ² (0.24 gpm/ft ²)

Sistemas Fijos

Tipo de producto	Hidrocarburos	Alcoholes y Solventes Polares
Razón de Aplicación	4.1 l/min*m ² 0.10 gpm/ft ²	6.5 l/min*m ² 0.16 gpm/ft ²

c) Del caudal de la mezcla agua / extracto de espuma

El caudal de la mezcla agua / extracto de espuma (Qm) es determinado por:

$$Qm = \text{Razón de aplicación} * Ar$$

Qm: Caudal de mezcla agua / extracto de espuma

Ar: Área de riesgo

d) Del tiempo de aplicación de la espuma

El tiempo de aplicación de la espuma esta determinado por el tipo de equipo que la vierte y el punto de inflamación del producto almacenado, en concordancia con el NFPA 11 y el DS-052-93-EM, como se aprecia en los cuadros siguientes:

Monitores y Líneas Manuales (Mangueras)

Punto de Inflamación (°C)	Tiempo de Aplicación Mínimo (minutos)
De 37.8 a 93.3	50
Menor 37.8	65
Crudo	55

Sistemas Fijos

Punto de Inflamación (°C)	Tiempo de Aplicación Mínimo (minutos)
De 37.8 a 93.3	30
Menor 37.8	55
Crudo	55

e) Del volumen de extracto de espuma

El volumen de la mezcla de agua / extracto de espuma (V_m) estará determinado por:

$$V_m = Q_m * \text{Tiempo de Aplicación}$$

V_m : Volumen de mezcla agua / extracto de espuma

Q_m : Caudal de mezcla agua / extracto de espuma

Considerando que el extracto de espuma utilizado en la industria del petróleo es el 3% del volumen de la mezcla, se puede determinar el volumen de extracto espuma (V_e) y el volumen de agua (V_{ae}) por separado:

$$V_e = 0.03 * V_m$$

$$V_{ae} = 0.97 * V_m$$

V_e : Volumen de extracto

V_{ae} : Volumen de agua para la espuma

V_m : Volumen de la mezcla

Para la cobertura de un incendio es necesario tener el volumen de reserva adecuado de extracto de espuma, que según el DS-052-93-EM, es dos veces el volumen determinado para extinguir el incendio.

4.3.2 Del Abastecimiento de Agua

La variedad e intensidad de los posibles incendios en este tipo de industrias, obligan a que se calcule en forma precisa los requerimientos de agua. Pasos a seguir:

1. De la evaluación del abastecimiento de agua

Se revisa el estudio de riesgos para definir: El punto de mayor riesgo, el cálculo de agua necesario para ese punto y la procedencia del abastecimiento.

Si la instalación posee una fuente primaria como medio de alimentación de agua para el sistema contra incendio, es necesario contar con la documentación que sustente un caudal igual al 150% del régimen calculado a la presión de operación, manteniendo este caudal por un tiempo de 8 horas.

Si la instalación posee una fuente secundaria como medio de alimentación de agua para el sistema contra incendio, es necesario contar con la documentación que sustente un caudal equivalente al régimen calculado a la presión de operación, manteniendo este caudal por un tiempo de 5 horas.

Si la instalación posee un almacenamiento de agua, de acuerdo al D.S. 052-93-EM, para la presión de operación debe mantener el 100% del régimen calculado por un tiempo de 4 horas.

2. De la capacidad de almacenamiento de agua:

La capacidad de agua contra incendio de una instalación se basa en lo mínimo requerido para aplicar espuma y extinguir un incendio en el mayor tanque más la cantidad de agua necesaria para enfriar los tanques adyacentes que se encuentran en el cuadrante expuesto al lado de sotavento de dicho tanque de acuerdo a las normas NFPA aplicables. De acuerdo a lo indicado el Volumen Mínimo de Agua (V_a) será:

$$V_a = V_{ae} + V_{enfriamiento}$$

V_a : Volumen mínimo de agua

V_{ae} : Volumen de agua para la espuma

El volumen de agua de enfriamiento se determina por la multiplicación de los siguientes factores:

La velocidad de aplicación de agua de enfriamiento

El tiempo de enfriamiento mínimo.

El área de enfriamiento

La velocidad de aplicación de agua de enfriamiento

De acuerdo al API 2030 la velocidad de aplicación de agua de enfriamiento en tanques atmosféricos es 0.1 GPM/ft², sin embargo, este valor podrá variar en función de lo indicado por el Estudio de Riesgos en el análisis de radiación.

El tiempo de enfriamiento mínimo

El tiempo de enfriamiento no tiene un valor, sin embargo, con el fin de determinar un grado de responsabilidad el DS-052-93-EM establece 4 horas (240 minutos).

El área de enfriamiento

El área de enfriamiento está definida como la suma del área lateral del tanque incendiado más la cuarta parte del área lateral de los tanques adyacentes ubicados hacia el lado sotavento del tanque incendiado.

4.3.3 Evaluación de la Información de las Instalaciones

a) De los puentes o islas de despacho y estación de bombas

Por las características del sector e instalación, es posible que se de un incendio tras derrames no controlados, la extinción se realizará con espumas aplicadas mediante rociadores y/o monitores

La aplicación de espumas sobre las áreas de puentes de despacho, mediante monitores se detalla en NFPA-16, que entre otras cosas indica que en ningún caso la velocidad de aplicación de espuma deberá ser menor a 0.16 GPM/ft².

La aplicación de espumas sobre las áreas de puentes de despacho, mediante rociadores se detalla en la NFPA-11, donde se establece que la mínima razón y tiempo de aplicación de espuma en puentes de despacho mediante rociadores está en función del tipo de extracto de espuma y del producto o combustible que se está despachando o manipulando, como se aprecia en el cuadro siguiente:

Extracto de espuma	Mínima razón de aplicación		Mínimo tiempo de aplicación	Producto despachado
	GPM/ft²	l/min*m²	minutos	
Proteica y Fluoproteica	0.16	6.5	15	Hidrocarburos
AFFF; FFFP; y AFFF o FFFP resistentes al alcohol	0.10	4.1	15	Hidrocarburos
Resistentes al alcohol	Consultar al Productor		15	Líquidos inflamables y combustibles que requieren espuma con resistencia al alcohol

b) De las áreas estancas

El volumen encerrado en el área estanca, con tanques que almacenan líquidos combustibles, no será menor del 110% del volumen del tanque mayor o del volumen del tanque mayor sin considerar el volumen de los otros tanques que pudiesen haber dentro de ese recinto (D5-052-93EM, Art. 39b).

Espaciamientos

Para tanques atmosféricos con líquidos combustibles, la separación entre ellos se establece mediante: La Tabla 7 del D.S. 052-93-EM o el NFPA 30 y el Estudio de Riesgo, salvo las siguientes excepciones:

El área estanca y los muros de contención se proyectaran se y construirán impermeables (DS-052-93-EM Art. 39b).

Según la Guía para el Manejo de Deshechos de la Refinerías de Petróleo de la Dirección General de Asuntos Ambientales, el valor de la permeabilidad es 10^{-7} cm/seg.

Cuando se tienen dos o más tanques almacenado líquidos Clase I y uno de los tanques tenga más de 45 metros de diámetro, se considerará muros intermedios (DS-052-93-EM Art. 39c).

La separación entre un tanque y el pie interior del dique será no menos de 1.5 metros según esta indicado en el NFPA-30, esta distancia puede ser mayor de acuerdo al Estudio de Riesgo.

Para tanques atmosféricos con líquidos combustibles, la separación entre ellos se establece mediante: La Tabla 7 del D.S. 052-93-EM o el NFPA 30 y el Estudio de Riesgo, salvo las siguientes excepciones:

Excepción No. 1: Los tanques que almacenan petróleo con una capacidad que no exceda de 126.000 galones (3000 barriles) y estén ubicados en el área de producción zonas aisladas no necesitan ser separados por más de 3 pies (0.9 m).

Excepción No. 2: Los tanques usados solamente para almacenar líquidos de la clase IIIB no necesitan ser separados por más de 3 pies (0.9 m), esta excepción no aplica si en el mismo dique se encuentra un tanque de almacenamiento de clase I o II

**Espaciamiento Mínimo entre Tanques
(Tabla 7 del DS 052-93-EM)**

	Tanques de Techo Flotante	Tanques Horizontales o de Techo Fijo	
		Líquidos Clase I ó II	Líquidos Clase III
Todo Tanque con Diámetro no Mayor a 45m	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero no menor a 1,5 m	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero no menor a 1,5 m	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero no menor a 1,5 m
Todo Tanque con Diámetro Mayor a 45m			
Tanques que Tienen Facilidades para los Derrames sean Conducidos a Otras Zonas	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	1/4 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes
Tanques Ubicados en Zona Estanca	1/4 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	1/3 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	1/4 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes

c) Del tanque de abastecimiento de agua

En el plano de detalle del tanque de almacenamiento de agua se verificará que:

- El espesor de las planchas utilizadas en la pared del tanque esté dentro del rango establecido en el NFPA 22.
- El espesor de las planchas utilizadas en el fondo del tanque esté dentro del rango establecido por el NFPA 22.
- En zonas de alta salinidad, en el espesor de la plancha esté considerado un espesor por corrosión de 1/16 de pulgada.

- El diámetro del tubo de venteo no sea en ningún caso menor al diámetro de tubo de carga o descarga.

d) De la red de tuberías

En áreas con caminos de tránsito y en lugares donde el clima lo permite, la tubería se instalará superficialmente o en trincheras poco profundas cubiertas con rejillas.

En áreas con caminos o lugares donde la temperatura ambiente baje de 0°C se enterrará a una profundidad mínima de 75 cm.

En las instalaciones de proceso y en sus áreas de almacenamiento, se procurará que la red de agua contra incendio forme anillos que contengan 12 hidrantes como máximo, se instalará válvulas de seccionamiento en lugares adecuados que permitan aislar secciones del sistema de tubería cuando haya necesidad de efectuar reparaciones o ampliaciones. Cuando existe más de una fuente de suministro se instalará válvula de seccionamiento en cada fuente.

Para evitar daños por asentamiento, la tubería no pasará bajo construcciones o bodegas y cuando pase bajo vías de férreas, de ser el caso se enterrará a una profundidad de 1.30 m, la profundidad se mide de la parte superior del tubo al nivel del piso terminado.

Al colocar la tubería en las camas o trincheras ésta se limpiará por dentro y los extremos abiertos deben ser tapados provisionalmente, con los medios más apropiados, hasta terminar la instalación para evitar que piedras o materiales extraños penetren en ella.

La tubería que se instale en camas o trincheras, se apoyaran adecuadamente en toda su longitud, para ello se utilizarán soportes de madera o de concreto reforzado de 10 cm de ancho colocados en el fondo, espaciados convenientemente para evitar deflexiones de la tubería.

En terrenos cenegosos o pantanosos los soportes se apoyaran sobre pilotes o cualquier otro medio que asegure una buena instalación.

Las camas se prepararan con un colchón de grava y arena bien compactadas para evitar que la tubería sufra hundimientos, estos materiales no deben tener cenizas ni elementos corrosivos.

Para evitar la corrosión galvánica en la tubería, debido a las condiciones del terreno o corrientes parásitas exteriores, es necesario protegerla, ya sea mecánicamente o catódicamente, con el potencial adecuado de acuerdo a la resistividad del terreno y las características de las instalaciones adyacentes.

Las tuberías dentro de las áreas de riesgo deben ser de acero o de otra aleación adecuada para presiones y temperaturas involucradas.

Las tuberías instaladas fuera del área de riesgo estarán de acuerdo con los materiales permitidos por NFPA 24: Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances.

Las tuberías serán resistentes a la corrosión o serán provistas de recubrimientos anticorrosivos cuando se encuentren expuestas a agentes corrosivos.

El sistema de espuma será de tubería galvanizada en ambientes no corrosivos, en ambientes corrosivos se usarán recubrimientos.

La tubería que conduce el concentrado de espuma no será de acero galvanizada, la tubería en contacto constante con el concentrado de espuma será de un material compatible de manera tal que no afecte el concentrado y viceversa.

De los accesorios

En las uniones expuestas al fuego, no se usarán empaquetaduras del tipo elastómero o derivado de caucho,

Los accesorios deben de ser galvanizados para atmósferas no corrosivas, en ambientes corrosivos se deberá usar recubrimientos anticorrosivos. Los accesorios que transportan el concentrado de espuma no deben ser de acero galvanizado.

Las tuberías y accesorios que son roscados estarán de acuerdo al ANSI B1.20.1 Pipe Threads, las prácticas de soldadura estarán de acuerdo a lo requerido por el AWS D10.9 Standard for the Qualification of Welding Procedures and Welders for Piping and Tubing.

De las válvulas:

Dentro del área de riesgo las válvulas de control automático y de obturación deben ser de acero u otra aleación capaz de soportar las temperaturas estimadas de fuego.

e) De la calidad de espuma

La calidad de la espuma se mide bajo los siguientes términos:

- Un 25% en tiempo de drenaje o un cuarto de vida. Este es el régimen de drenaje de la solución, de la espuma
- Expansión o el volumen de aire a solución
- Resistencia al fuego
- Resistencia Burbanck. La capacidad de soportar el calor

Con el fin de poder escoger el mejor extracto de espuma para una Planta de Abastecimiento a continuación se muestra el siguiente cuadro:

Propiedades y Comparaciones de los Tipos de Extractos de Espuma Contra Incendio

Propiedades	Proteicas	Fluorproteicas	AFFF	FFFP	AR-AFFF
Veloc. de Extinción	Débil	Buena	Excelente	Buena	Excelente
Resistencia al Calor	Excelente	Excelente	Débil	Buena	Buena
Resistencia al Combustible (HC)	Débil	Excelente	Moderada	Buena	Buena
Supresión de Vapores	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Buena
Resistencia al Alcohol	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Excelente

4.4 Trabajo de Campo

Esta etapa de la propuesta consiste en realizar las verificaciones in situ del estado de operatividad de las instalaciones, ejecutada en forma visual o a través de pruebas establecidas, Estas verificaciones se llevarán a cabo teniendo presente la información recopilada y analizada, en forma rigurosa, es aconsejable, en este paso utilizar formatos y procedimientos preparados previamente.

Se plantea ejecutarlas en dos etapas:

- El Área de Almacenamiento
- El Sistema Contra Incendio

4.4.1 El Área de Almacenamiento

a) Del Tanque de Almacenamiento

Siendo el tanque el elemento de mayor riesgo, se verificará que su protección esté de acuerdo a su estado, en ese sentido se verificará que:

- El producto que almacena es clase I, debe estar implementado de un techo o sabana flotante, un sistema fijo de extinción (cámara de espuma) y/o enfriamiento (rociadores).
- Por sus dimensiones debe estar implementado de un sistema fijo de extinción (cámara de espuma) y/o enfriamiento (rociadores).
- El producto almacenado esté claramente identificado, ya sea literalmente o por medio de códigos, pintados directamente sobre el tanque, en lugar que sea fácilmente visible desde el nivel del suelo, de acuerdo al NFPA 49 y la numeración de las Naciones Unidas (UN), según el artículo 85° del DS 052-93-EM.

En el caso de que el tanque cuente con un sistema fijo de extinción (cámara de espuma), este deberá estar de acuerdo a lo indicado en el DS-052-93-EM y el NFPA 11, como se observa en el cuadro siguiente:

Diámetro del tanque en metros	Punto de Inflamación	
	Menor a 37.8 °C	Mayor o igual a 37.8 °C
Hasta 24	1 cámara	1 cámara
De 24 a 36	2 cámaras	1 cámara
De 36 a 42	3 cámaras	2 cámaras
De 42 a 48	4 cámaras	2 cámaras
De 48 a 54	5 cámaras	2 cámaras
De 54 a 60	6 cámaras	3 cámaras
Sobre 60	6 cámaras más 1 cámara más por cada 465 m² adicionales	3 cámaras más 1 cámara más por cada 697 m² adicionales

El caudal por cámara se determina conociendo el caudal total y el número mínimo de puntos de aplicación.

b) Del Muro de Contención

Para asegurar su impermeabilidad, se verifica que:

- No existan rajaduras en las paredes y en el piso (loza, membrana, etc.).
- No exista asentamiento del muro que reduzca su capacidad volumétrica.
- Los muros mantengan su verticalidad.
- Los muros estén íntegros.
- Los sellos de los pisos y muros estén en buenas condiciones.
- Los accesos y altura aproximada que indica los planos.
- No exista construcciones o materiales que reduzcan el volumen de la poza de contención.

c) Vías de encauzamiento

En ellas se verifica que:

- Las canalizaciones estén despejadas y libres de obstrucciones
- La pendiente de las canalizaciones sea visiblemente la correcta.
- No existan construcciones nuevas cercanas o en la poza o canalización de encauzamiento

4.4.2 Del Sistema Contra Incendio

Siendo este sistema la parte central de la propuesta de metodología, su verificación, se propone realizarla en función a formatos desarrollados para recoger la información del estado de operatividad del sistema.

La utilización de estos formatos facilita la labor del supervisor, por el texto de sus cuadros, que induce al supervisor, hacer las preguntas enfocadas a la parte, al estado, a la función específica, etc. mínima necesaria para calificar el punto

evaluado. Además en estos formatos, en su conjunto se recoge la información real suficiente para calificar, a su vez el sistema evaluado.

A continuación se presenta los formatos, divididos por subsistemas y equipos:

- Abastecimiento de agua
- Equipo de presurización (Bombas)
- Sistema de la red de agua
 - Subsistema de tuberías
 - Subsistema de Rociadores
 - Subsistema de agua pulverizada
 - Hidrantes
 - Manguera
- Sistema de espuma
 - Subsistema de rociadores de espuma
- Equipos portátiles
- Sistema de detección y alarma
- Equipo de protección personal

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS		
ABASTECIMIENTO DE AGUA		
EVALUACIÓN DE CAMPO		
PLANTA DE ABASTECIMIENTO	EMPRESA OPERADORA	
REPRESENTANTE	FIRMA	
INSPECTOR	FIRMA	
SI = CORRECTO NO = INCORRECTO (EXPLICAR EN EL REVERSO)		FECHA _____
	SI	NO
Los equipos de conexión para los equipos de los bomberos estan completos y operativos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El depósito de agua está en buen estado, sin pérdida de nivel ni fugas por la juntas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las escaleras del depósito de agua son estables y libres de corrosión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los tejados del depósito de agua son estables y libres de corrosión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La estructura portante del depósito elevado es estable y libre de corrosión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las columnas y pozos del depósito elevado están libres de suciedad y basura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Están impermeabilizados los depósitos de agua, sus salidas de drenajes no tienen fugas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La pintura del depósito de agua u otra protección no esta dañada o envejecida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las juntas de dilatación no muestran sobretensión o corrosión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COMENTARIOS _____		

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	
BOMBAS CONTRA INCENDIO 1	
EVALUACIÓN DE CAMPO	
PLANTA DE ABASTECIMIENTO	EMPRESA OPERADORA
REPRESENTANTE	FIRMA
INSPECTOR	FIRMA
SI = CORRECTO NO = INCORRECTO (EXPLICAR EN EL REVERSO)	FECHA _____
SALA DE BOMBAS A 40° O MÁS	
LAS TRAMPILLAS DE VENTILACIÓN EN LA SALA DE BOMBAS ESTAN OPERATIVAS	
LA(S) BOMBA(S) PRINCIPALES TIENEN CERTIFICACIÓN UL o FM	
EL TABLERO DE CONTROL SE ENCUENTRA OPERATIVO	
EL TABLERO DE CONTROL TIENE CERTIFICACIÓN UL FM	
TIENE SISTEMA DE ARRANQUE MANUAL Y AUTOMATICO	
TIENE SISTEMA DE PROTECCIÓN POR SOBRE TENSIÓN OPERATIVO	
TIENE GRUPO ELECTROGENO	
EL INTERRUPTOR DE CONTROL ESTA EN POSICION "AUTO"	
LOS MEDIOS DE ARRANQUE DE EMERGENCIA ESTAN INTACTOS Y BIEN SUJETOS	
COMPROBAR RUIDOS Y VIBRACIONES INUSUALES	
COMPROBAR EMPAQUETADURAS, COJINETES Y CUERPO DE LA BOMBA PARA DETECTAR SOBRECALENTAMIENTO	
ANOTAR LA PRESION DE ARRANQUE DE LA BOMBA	
LAS VALVULAS EN ASPIRACIÓN, IMPULSIÓN Y BYPASS DE LA BOMBA ESTAN ABIERTAS	
OBSERVAR EL TIEMPO EN QUE EL MOTOR TARDA EN ALCANZAR LA VELOCIDAD DE REGIMEN (BOMBAS DIESEL Y DE VAPOR)	
ANOTAR EL TIEMPO QUE FUNCIONA LA BOMBA DESPUES DEL ARRANQUE TENIENDO UN DISPOSITIVO DE PARO AUTOMATICO	
TIEMPO DE ARRANQUE CON MANIVELA DEL MOTOR DIESEL	
ANOTAR EL TIEMPO QUE TARDA EL MOTOR DIESEL EN ALCANZAR SU VELOCIDAD DE REGIMEN	
COMPROBAR EL MANOMETRO DE PRESION DE ACEITE, TACOMETRO y TEMP. DE AGUA Y ACEITE CON EL MOTOR FUNCIONANDO	
ANOTAR PRESION DE VAPOR EN BOMBAS MOVIDAS POR VAPOR	
OPERAR EL REGULADOR DE VELOCIDAD (SOLO MOTORES DE COMBUSTION INTERNA)	
OPERAR EL INTERRUPTOR DE SOBREVOLOCIDAD (SOLO MOTORES DE COMBUSTION INTERNA)	
EL NIVEL DE ACEITE EL EN VISOR DE CRISTAL DEL MOTOR ES NORMAL (SOLO MOTORES DE COMBUSTION INTERNA)	
EL DEPOSITO DIESEL 2 DEL MOTOR ESTA LLENO EN SUS 2/3 PARTES (SOLO MOTORES DE COMBUSTION INTERNA)	
COMPROBAR ALIVIADEROS DEL CARTER EN LOS MOTORES DIESEL PARA CONSTATAR QUE FUNCIONAN ADECUADAMENTE	
COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y LAS ALARMAS	
COMPROBAR LA INTEGRIDAD DEL AISLAMIENTO DEL SISTEMA DE ESCAPE	
LOS SOPORTES DEL SISTEMA DE ESCAPE ESTAN EN BUEN ESTADO	
NO HAY FUGAS EN TUBERÍAS Y MANGUERAS	
COMPROBAR LA AUSENCIA DE COMBUSTIBLE EN EL ESCAPE PARA PREVENIR INCENDIOS	
NOTA	

Solicitar el último registro de mantenimiento

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	
SISTEMAS DE TUBERÍAS	
EVALUACIÓN DE CAMPO	
PLANTA DE ABASTECIMIENTO	EMPRESA OPERADORA
REPRESENTANTE	FIRMA
INSPECTOR	FIRMA
FECHA _____	
RED DE AGUA PRUEBA INICIAL DE PRESIÓN. Anotar la presión hidrostática al principio de la prueba. La presión de prueba es de 200 psi (13.6 bar) durante dos horas ó 50 psi (3.4 bar) por encima de la presión de estática si esta es superior a 150 psi (10.2 bar).	
TIEMPO DE COMIENZO. Anotar el tiempo desde que se inicia la prueba hasta que se alcanza la presión de prueba	
TIEMPO FINAL. Anotar el tiempo final de la prueba hidrostática. El sistema debe mantener la presión durante al menos dos horas.	
PRUEBA DE CAUDAL. Dejar fluir agua por la salida de tubería hidráulicamente más desfavorable. Anotar: Presión estática _____ psi Presión residual _____ psi Diámetro de boquilla _____ pulg. Presión en Pitot _____ psi Caudal _____ gpm. Nota: El caudal mínimo debe ser 500 gpm a 65 psi de presión residual	
INSPECCIÓN VISUAL DE TUBERÍA SECA. Inspeccionar todas las partes accesibles de la tubería para comprobar que no está dañada ni con corrosión. Si la tubería está en buen estado, anotar OK en este apartado. En caso contrario realizar las correcciones y describir brevemente en notas	
SOPORTES Comprobar que los soportes no están dañados	
VALVULAS ¿Cómo están controladas las válvulas? <input type="checkbox"/> Libres <input type="checkbox"/> Enclavadas <input type="checkbox"/> Interruptores de posición ¿Se identifican las válvulas mediante señales? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
Válvulas de Corte. Abrir las válvulas hasta que se note tensión en el vástago de actuación. Volver la válvula 1/4 vuelta para prevenir agarrotamiento.	
COMPROBACIÓN DE BOQUILLAS. Abrir y cerrar todas las boquillas para comprobar que operan con facilidad. Lubricar con grafito si es necesario. Si las boquillas están en buen estado, anotar OK en este apartado. En caso contrario realizar las correcciones necesarias y describir las brevemente en notas	
NOTAS _____ _____ _____ _____	

Validar con el registro de pruebas

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS			
TUBERÍAS ENTERRADAS			
EVALUACIÓN DE CAMPO			
PLANTA DE ABASTECIMIENTO		EMPRESA OPERADORA	
PLANTA DE ABASTECIMIENTO		FIRMA	
INSPECTOR		FIRMA	
FECHA			
SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMATICOS			
TUBERIAS Y JUNTAS ENTERRADAS	TIPO DE TUBERIA		TIPO DE JUNTA
	TUBERÍA CONFORME CON LA NORMA _____		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	ACCESORIOS CONFORME CON LA NORMA _____		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	EXPLICAR EN CASO CONTRARIO: _____		
DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA	FLUJO. Dejar fluir el caudal necesario de agua hasta que salga limpia y libre de materiales extraños. El caudal de agua no será inferior a 400 GPM (1.514 l/min) para tuberías de 4 pulgadas. 600 GPM (2.271 l/min) para tuberías de 5 pulgadas. 750 GPM (2.839 l/min) para tuberías de 6 pulgadas. 1.000GPM (3.785 l/min) para tuberías de 8 pulgadas. 1.500 GPM (5.678 l/min) para tuberías de 10 pulgadas y 2.000 GPM (7.570 l/min) para tuberías de 12 pulgadas. Cuando el abastecimiento de agua no proporcione los caudales requeridos, utilizar el máximo posible.		
	HIDROSTATICA. La prueba hidrostática se realizará a no menos de 200 psi (13.6 bar) durante dos horas o 50 psi (3.4 bar) por encima de la presión estática si ésta es superior a 150 psi (10.2 bar) durante dos horas.		
	FUGAS. La tubería nueva provista de juntas de caucho debe tener muy pocas o ninguna fuga, si el trabajo se ha realizado correctamente. La cantidad de fuga a través de la juntas no deben exceder de 2 pts. por hora (1.89 l/h) por cada 100 juntas independientemente del diámetro. Las fugas se distribuirán uniformemente por todas las juntas. Si las fugas se producen en unas pocas juntas, la instalación se considerará incorrecta y habrá que hacer reparaciones. La cantidad de fuga aceptada, especificada anteriormente, puede aumentarse en 30 ml/25 mm del diametro/h por cada válvula de asiento metálica que aísla la sección de prueba. Los hidrantes secos se prueban con la válvula abierta por lo que están bajo presión, por cada hidrante se incrementará la pérdida de 5 oz por minuto (150 ml/min).		
	EXPLICAR EN CASO CONTRARIO: _____		
PRUEBA LIMPIEZA CON CHORRO	LA TUBERÍA SUBTERRÁNEA SE HA LIMPIADO DE ACUERDO CON LA NORMA _____		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	POR LA EMPRESA _____		
	EXPLICAR EN CASO CONTRARIO: _____		
	EL CAUDAL DE AGUA DE LIMPIEZA SE HA OBTENIDO DE <input type="checkbox"/> RED PÚBLICA <input type="checkbox"/> DEPÓSITO <input type="checkbox"/> OMBRA CONTRA INCENDIOS		A TRAVÉS DE. <input type="checkbox"/> HIDRANTE <input type="checkbox"/> TUBERÍA ABIERTA
PRUEBA LIMPIEZA CON CHORRO	LA NUEVA TUBERÍA SUBTERRÁNEA SE HA LIMPIADO DE ACUERDO CON LA NORMA _____		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	POR LA EMPRESA _____		
	EXPLICAR EN CASO CONTRARIO: _____		
	EL CAUDAL DE AGUA DE LIMPIEZA SE HA OBTENIDIO DE <input type="checkbox"/> RED PÚBLICA <input type="checkbox"/> DEPÓSITO <input type="checkbox"/> OMBRA CONTRA INCENDIOS		A TRAVÉS DE. <input type="checkbox"/> CONEXIÓN EN Y <input type="checkbox"/> TUBERÍA ABIERTA
PRUEBA HIDROSTATICA	TODAS LAS NUEVAS TUBERIAS SUBTERRANEAS SE HAN PROBADO A : _____ PSI _____ DURANTE _____ HORAS		JUNTAS CUBIERTAS: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
PRUEBA DE FUGAS	CANTIDAD TOTAL MEDIDA DE FUGAS: _____ GALONES _____ HORAS		
	FUGAS PERMITIDAS _____ GALONES _____ HORAS		
HIDRATANTES	N° INSTALADO _____	TIPO Y MARCA _____	FUNCIONAN TODOS CORRECTAMENTE <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	LAS VALVULAS DE CORTE ESTAN ABIERTAS EXPLICAR EN CASO CONTRARIO _____		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
VALVULAS DE CORTE	LOS RACORES DE LAS MANGUERAS DE LOS BOMBEROS CONECTAN CON LOS HIDRANTES Y SON INTERCAMBIABLES PARA TODOS LOS BOMBEROS DE LA ZONA		
	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
OBSERVACIONES	FECHA DE PUESTA EN SERVICIO _____		
EXPLICACIONES Y NOTAS ADICIONALES			

Validar con el registro de prueba y mantenimiento

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS										
TUBERÍAS POR ENCIMA DE TIERRA										
EVALUACIÓN DE CAMPO										
PLANTA DE ABASTECIMIENTO					EMPRESA OPERADORA					
REPRESENTANTE					FIRMA					
INSPECTOR					FIRMA					
FECHA										
SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMATICOS										
ROCIADORES	MARCA	MODELO	AÑO DE FABRICACION	TAMAÑO DE ORIFICIO		CANTIDAD	RANGO DE TEMPERATURA			
TUBERIAS Y ACCESORIOS	TUBERIA CONFORME CON LA NORMA ACCESORIOS CONFORMES CON LA NORMA EXPLICAR EN CASO CONTRARIO					<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NO			
VALVULA DE ALARMA O DETECTOR DE FLUJO	DISPOSITIVO DE ALARMA					TIEMPO MAX DE DISPARO EN LA PRUEBA DE TUBERIAS				
	TIPO	MARCA	MODELO			MIN	SEG			
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE TUBERIA SECA	VALVULA SECA				DISPOSITIVO ACELERADOR					
	MARCA	MODELO	N° SERIE		MARCA	MODELO	N° SERIE			
		TIEMPO DE DISPARO EN LA PRUEBA DE TUBERIA		PRESION DE AGUA	PRESION DE AIRE	PRESION DE AIRE PUNTO DE DISPARO	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SALIR		FUNCIONAMIENTO ADECUADO DE LA ALARMA	
		MIN	SEG.	psi	psi	psi	MIN	SEG.	SI	NO
	SIN ACELERADOR									
	CON ACELERADOR	Explicar en caso contrario								
VALVULAS DE DILUVIO Y ACCION PREVIA	OPERACION <input type="checkbox"/> NEUMATICA <input type="checkbox"/> ELECTRICA <input type="checkbox"/> HIDRAULICA									
	TUBERIAS SUPERVISADAS <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				SISTEMA DE DETECCION SUPERVISADO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO					
	FUNCIONA LA VALVULA CON DISPARO MANUAL Y/O PANEL DE CONTROL REMOTO				<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO					
	HAY EN LOS CIRCUITOS PUNTOS ACCESIBLES PARA PRUEBAS <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				EXPLICAR EN CASO CONTRARIO					
			TIENE CADA CIRCUITO SUPERVISION DE ALARMA		DISPARA LA VALVULA CADA CIRCUITO		TIEMPO MAXIMO DE OPERACION DE ALIVIO			
	MARCA	MODELO	SI	NO	SI	NO	MIN	SEG		
DESCRIPCION DE LA PRUEBA	<p>HIDROSTATICA. La prueba hidrostática se realizará a no menos de 200 psi (13.6 bar) durante dos horas ó 50 psi (3.4 bar) por encima de la presión estática si esta es superior a 150 psi (10.2 bar) durante dos horas. La clapieta de las válvulas se mantendrán abierta para prevenir daños. Se repararán todas las fugas de la tubería enterrada. FLUJO. Dejar fluir el caudal necesario de agua hasta que salga limpia y libre de materiales extraños. El caudal de agua no será inferior a 400 GPM (1.514 l/min) para tuberías de 4 pulgadas, 600 GPM (2.271 l/min), para tuberías de 5 pulgadas, 750 GPM (2.839 l/min) para tuberías de 6 pulgadas, 1.000 GPM (3.875 l/min) para tuberías de 8 pulgadas, 1.500 GPM (5.678 l/min), para tuberías de 10 pulgadas y 2.000 GPM (7.570 l/min) para tuberías de 12 pulgadas. Cuando el abastecimiento de agua no proporcione los caudales requeridos, utilizar el máximo posible. NEUMATICA: Introducir 40 psi (2.7 bar) de presión de aire y comprobar que la caída no excede de 1,5 psi (0.1 bar) en 24 horas. Probar la presión del depósito con nivel normal de agua y presión de aire. Comprobar que la caída no excede de 1,5 psi (0.1 bar) en 24 horas.</p>									
PRUEBA	SE HAN PROBADO HIDROSTATICAMENTE TODAS LAS TUBERIAS A ___ PSI ___ DURANTE ___ HORS				EXPLICAR EN CASO CONTRARIO					
	SE HAN PROBADO NEUMATICAMENTE TODAS LAS TUBERIAS EL EQUIPO FUNCIONA ADECUADAMENTE <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO									
JUNTAS DE PRUEBA	PRUEBA DE DRENAJE	LECTURA EN EL MANOMETRO SITUADO EN EL ABAST. DE AGUA. PRESION ESTATICA PSI			PRESION RESIDUAL CON LA VALVULA ABIERTA EN LA TUBERIA DE PRUEBA PSI					
	N° USADO	LOCALIZACION				N° RETIRADO				
SOLDADURA	TUBERIA SOLDADA: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO									
	EN CASO AFIRMATIVO									
	CERTIFICA EL INSTALADOR DE ROCIADORES QUE LA SOLDADURA SE HA REALIZADO DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS DE AWS D. 10.9 NIVEL AR.3				<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO					
	CERTIFICA EL INSTALADOR QUE LA SOLDADURA LO HAN REALIZADO LOS SOLDADORES HOMOLOGADOS DE ACUERDO CON AWS D 10.9 NIVEL AR. 3				<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO					
PLACA DE DATOS HIDRAULICO	CERTIFICA EL INSTALADOR QUE LA SOLDADURA SE HA REALIZADO CON PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD DE FORMA QUE TODOS LOS DISCOS SE HAN RECUPERADO, QUE LAS ABERTURAS EN TUBERIAS SON LISAS, QUE SE HA LIMPIADO LA ESCORIA Y NO SE HAN PENETRADO LOS DIAMETROS INTERNOS DE LA TUBERIA.				<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO					
	EXISTE PLACA <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				EXPLICAR EN CASO CONTRARIO					
OBSERVACIONES	FECHA DE PUESTA EN SERVICIO CON TODAS LAS VALVULAS ABIERTAS									

Validar con el registro de prueba y mantenimiento

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	
SISTEMAS DE ROCIADORES	
EVALUACIÓN DE CAMPO	
PLANTA DE ABASTECIMIENTO	EMPRESA OPERADORA
REPRESENTANTE	FIRMA
INSPECTOR	FIRMA
FECHA	
Localización de las válvulas de rociadores _____	
Tipo de sistema <input type="checkbox"/> Mojado <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/> Diluvio <input type="checkbox"/> Accion Previa	
Marca y modelo de la válvula de rociadores _____	
¿Esta protegido todas las instalaciones?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿Esta todo el sistema en servicio?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿Se ha modificado la instalación desde la última inspección?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
válvulas	
¿Cómo se controlan las válvulas?	<input type="checkbox"/> Selladas <input type="checkbox"/> Enclavadas <input type="checkbox"/> Interruptor de posición
¿Se identifican las válvulas con algún signo?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
PRUEBA DE DRENAJE	
Realizar la prueba de drenaje como sigue:	
1. Anotar la presión estática del abastecimiento de agua (psi), tal como indica el manómetro inferior.	
2. Abrir la válvula de drenaje principal y dejar salir agua hasta que el caudal se estabilice.	
3. Anotar la presión residual del abastecimiento de agua, mientras el agua fluye por la tubería de drenaje de 2", tal como indica el manómetro inferior	
4. Cerrar lentamente el drenaje.	
ALARMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE TUBERIA SECA	
Probar la alarma abriendo la válvula de prueba de inspección	
NIVEL DE SELLADO DE TUBERIA SECA	
Probar el nivel de sellado de agua de la válvula de tubería seca, abriendo la válvula de prueba y comprobando la descarga de una pequeña cantidad de agua	
Si no sale agua por la línea de prueba, añadir agua de cebado.	
ALARMA DE BAJA PRESION DE AIRE EN SISTEMAS DE TUBERIA SECA	
Cerrar la válvula de abastecimiento de agua, abrir cuidadosamente la válvula de prueba de inspección para reducir la presión de agua lentamente. (No reducir la presión de aire lo suficiente como para que salte la válvula de control de tubería seca). conformar la actuación de la alarma de volver la presión de aire a su estado normal, abrir la válvula de corte de abastecimiento de agua.	
ALARMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE TUBERIA SECA	
Abrir la válvula del bypass de alarma.	
ALARMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE ACCION PREVIA	
Abrir la válvula del bypass de alarma.	
ALARMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE DILUVIO	
Abrir la válvula del bypass de alarma.	
válvulas DE TIEMPO FRIO	
La válvula de tiempo frío, si se usa, debe cerrarse antes que empiece el tiempo frío y se drenarán las tuberías.	
Usar "O" para abierta y "C" para cerrada.	
SISTEMAS DE TUBERIA SECA	
Si existen, se probaran todos los dispositivos de apertura rápida y aceleradores.	
SISTEMA DE DILUVIO	
Probar el buen funcionamiento del sistema de detección	
HELADAS	
Inspeccionar que los rociadores no se exponen a temperaturas bajo cero.	
PRUEBA DE ANTICONGELANTE	
Los sistemas de tubería mojada con anticongelante se comprobaran para ver si la solución tiene el nivel adecuado de antocongelante. Anotar el punto de congelación.	
SISTEMAS DE TUBERIA SECA	
Probar el disparo de la válvula de tubería seca. Anotar el tiempo que transcurre entre la apertura de la válvula de prueba de inspección y el disparo de la válvula de control	
Probar el compresor de abastecimiento de presión de aire al sistema	
SISTEMA DE ROCIADORES DE DILUVIO	
Probar el disparo del sistema. (Ver las instrucciones del fabricante)	
Anotar el tiempo desde que se dispara un detector hasta que se descarga el agua	
Anotar la presión en el rociador hidráulicamente más desfavorable.	
Comprobar que la descarga de agua es correcta.	
Anotar la presión de agua en la válvula de diluvio.	
Inspeccionar internamente la válvula de diluvio	
NOTAS	

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	
SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA	
EVALUACIÓN DE CAMPO	
PLANTA DE ABASTECIMIENTO	EMPRESA OPERADORA:
REPRESENTANTE	FIRMA
INSPECTOR	FIRMA
Zona _____	FECHA _____
BOQUILLAS. Comprobar el estado de todas las boquillas. Si no tienen daños físicos, corrosión y no están obstruidas, indicar OK en este apartado. En caso contrario, realizar las correcciones y describirlas brevemente en el apartado "notas"	
TUBERIAS. Comprobar el estado de todas las tuberías. Si no tienen daños físicos, no están desalineadas y no están sometidas a cargas exteriores, anotar OK en este apartado. En caso contrario, realizar la corrección y describirlas brevemente en el apartado "notas"	
SOPORTES DE TUBERIAS. Comprobar todos los soportes de tuberías. Si no están dañados y corroídos, anotar OK en este apartado. En caso contrario, realizar las correcciones y describirlas brevemente en el apartado "notas"	
MANOMETROS. Comprobar el estado de los manómetros. Anotar la presión de agua (psi)	
PRUEBA DE CAUDAL. Realizar una prueba de caudal total. Comprobar que el sistema funcione correctamente y anotar el tiempo de operación	
MODELO DE DESCARGA. Comprobar la cobertura de agua pulverizada. Si es correcto, anotar OK en este apartado. En caso contrario realizar las correcciones y describirlas brevemente en el apartado "notas"	
VALVULAS DE DILUVIO. Inspeccionar internamente la válvula de diluvio o de acción previa. Verificar que todos sus componentes actúen adecuadamente, se mueven libremente y están en buen estado. Anotar OK en este apartado. En caso contrario, realizar las correcciones y describirlas brevemente en el apartado "notas"	
VALVULAS DE CORTE. Accionar cada válvula de corte en su totalidad y volverlas a la posición normal. Volver a sellar o enclavar. Si las válvulas operan adecuadamente, anotar OK en este apartado. En caso contrario, realizar las correcciones y describirlas brevemente en el apartado "notas"	
LUBRICADO DE VALVULAS DE CORTE. Lubricar todos los vástagos de las válvulas con grafito o aceite ligero	
LIMPIEZA SUBTERRANEA. Todas las tuberías y conexiones subterráneas se limpiarán con chorro de aguas para asegurar que la suciedad arrastrada por el abastecimiento de agua no obstruye las boquillas. Anotar OK en este apartado si el agua fluye limpia. Si el agua fluye sucia, colocar un número que se corresponda con la descripción en el apartado "notas"	
LIMPIEZA DE FILTROS. Limpiar todos los filtros. Si los filtros están en buen estado, anotar OK en este apartado. Si existe algún problema con algún filtro, colocar un número en este apartado que se corresponda con la descripción en el apartado "notas"	
VALVULAS DE RETENCIÓN. Inspeccionar internamente todas las válvulas de retención, comprobar que todos sus componentes se mueven libremente y están en buen estado	
NOTA _____ _____ _____ _____ _____	

Validar con el registro de prueba y mantenimiento

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS		
HIDRANTES		
EVALUACIÓN DE CAMPO		
PLANTA DE ABASTECIMIENTO	EMPRESA OPERADORA	
REPRESENTANTE	FIRMA	
INSPECTOR	FIRMA	
SI = CORRECTO NO = INCORRECTO (EXPLICAR EN EL REVERSO)		
		FECHA _____
	SI	NO
Los hidrantes están accesibles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las salidas de los hidrantes están poco apretadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No hay fugas en la parte alta del hidrante.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No hay fugas en las juntas de las tapas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No hay roturas en el cuerpo del hidrante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El hidrante drena correctamente (columna seca).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La tuerca de apertura no está desgastada ni con las aristas redondeadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La rosca de la boquilla no está dañada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COMENTARIOS		
_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____		

Solicitar el registro de mantenimiento y prueba de hidrantes (anual para hidrantes de columna mojada y semestral para hidrantes de columna seca)

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS			
MANGUERAS			
EVALUACIÓN DE CAMPO			
PLANTA DE ABASTECIMIENTO		EMPRESA OPERADORA	
REPRESENTANTE		FIRMA	
INSPECTOR		FIRMA	
SI = CORRECTO NO = INCORRECTO (EXPLICAR) FECHA _____			
Tipo de sistema <input type="checkbox"/> Clase I <input type="checkbox"/> Clase II <input type="checkbox"/> Clase III Longitud de manguera en pies <input type="checkbox"/> ninguna <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 100 Tipo de manguera <input type="checkbox"/> Forrada de caucho <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No (Si hay instaladas mangueras sin forrar, éstas pueden mantenerse. No obstante, cuando se sustituyan sólo se utilizarán mangueras forradas de acuerdo con NFPA 14 "Sistema de tuberías". Boquillas provistas de cierre <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No En caso de NO las boquillas deben sustituirse por unas provistas de cierre de acuerdo con NFPA 14 Se dispone de dispositivo reguladores de presión <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Tipo de dispositivo regulador _____			
Comprobar los gabinetes de manguera para asegurar que no están dañados y el equipo está en buen estado	SI	NO	OBSERVACIONES
Gabinete 1			
Gabinete 2			
Gabinete 3			
Gabinete 4			
Gabinete 5			
Gabinete 6			
Gabinete 7			
Gabinete 8			

Validar ubicación con el plano del sistema contra incendios

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	
SISTEMAS DE ESPUMA	
EVALUACIÓN DE CAMPO	
PLANTA DE ABASTECIMIENTO	EMPRESA OPERADORA
REPRESENTANTE	FIRMA
INSPECTOR	FIRMA
FECHA _____	
Inspeccionar el depósito de espumógeno para comprobar que está lleno. El líquido debe alcanzar hasta la mitad de la cúpula de expansión.	
CAMARAS DE ESPUMA Inspeccionar las cámaras para comprobar que no esten obstruidas y que los sellos de vidrio están intactos	
MANOMETROS Comprobar que están en buen estado y que se mantiene la presión normal en el abastecimiento de agua	
Sistema de detección probar el sistema para constar su correcto funcionamiento	
NOTAS _____ _____ _____	
Espumógeno Drenar 5 galones desde el fondo del depósito y dejar reposar varias horas. Comprobar los sedimentos. De formar incrustaciones inspeccionar el tanque de espuma	
NOTAS _____ _____ _____	
Prueba de descarga Realizar una prueba de descarga para comprobar que todos los componentes del sistema funcionan correctamente	
NOTAS _____ _____ _____	

EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS			
SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ALARMA			
EVALUACIÓN DE CAMPO			
PLANTA DE ABASTECIMIENTO	EMPRESA OPERADORA		
REPRESENTANTE	FIRMA		
INSPECTOR	FIRMA		
SI = CORRECTO	SISTEMA		_____
NO = INCORRECTO (explicar en el reverso)	FECHA		_____
N/A = NO APLICABLE			
	SI	NO	N/A
El panel de alarma de incendio está operativo			
El nivel de electrolito de las baterías es satisfactorio			
El voltaje de las baterías es satisfactorio			
Los equipos de carga de batería se han probado y operan correctamente			
Los detectores de calor están operativos			
Los detectores de humo están operativos			
Los detectores de llama están operativos			
Los pulsadores manuales están operativos			
Las campanas y sirenas están operativas			
Los altavoces están operativos			
El equipo de comunicaciones esta operativo			
Los interruptores de flujo en rociadores están operativos			
Los interruptores de alarma de los sistemas de extinción están operativos			
<i>Las siguientes pruebas se realizarán en caso el sistema tenga más de 15 años</i>			
Se han retirado dos detectores de temperatura fija por cada 100 instalados y se han probado en laboratorio con resultados satisfactorios. Los dos detectores de temperatura fija han sido sustituidos por otros nuevos			
FECHA DE INSTALACION DEL SISTEMA: _____			
FECHA EN LA QUE FUERON PROBADOS ULTIMAMENTE LOS DETECTORES DE TEMPERATURA FIJA: _____			
NOTA: Si la prueba de los detectores de temperatura fija falla, se reemplazarán todos los detectores de temperatura fija del edificio			

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- A. El grado de protección de una instalación depende principalmente del sistema contra incendio, que a su vez depende de:
- Un buen diseño
 - Que el mismo este operativo
 - Que sea utilizado adecuadamente y en el momento oportuno
- 1 Un buen diseño
- i. El estudio de riesgos, tratado en el Capitulo IV, es el documento que prácticamente dimensiona y da las características básicas del sistema contra incendios, por tanto, la persona o grupo de personas que desarrollen este documento deberán contar con la debida experiencia y conocimientos.
 - ii. Con el criterio anterior, se sobre entiende que la persona que elabore el diseño del sistema contra incendio deberá contar con la debida experiencia y conocimientos, a fin de poder interpretar lo indicado en el estudio de riesgos.
- 2 Que el mismo este operativo
- i. De los cálculos y pruebas indicadas en el Capitulo IV se puede deducir que el sistema contra incendio está diseñado para una operación precisa en un estado óptimo por lo que la más mínima falla puede generar una tragedia.
- 3 Que sea utilizado adecuadamente y en el momento oportuno
- i. Si bien el sistema contra incendio puede estar en un óptimo estado esto no garantiza un resultado satisfactorio si el personal que lo utiliza no esta adecuadamente capacitado, pudiéndose producir accidentes de todo nivel
- B. Si bien el flujo de aplicación del agua para enfriamiento esta definido en el API 2030 y NFPA 15, estos flujos son definidos por la radiación que reciben estos cuerpos a ser enfriados, por ende se hace necesario efectuar un análisis más profundo sobre radiación.

Recomendaciones

- 1) Los profesionales que elaboren los estudios de riesgos y/o diseñen el sistema contra incendio deberían ser profesionales colegiados en ingeniería, con una especialización o maestría en seguridad o con por lo menos 2 años de experiencia en actividades de manejo y/o diseño de sistemas contra incendio de instalaciones complejas de la industria del petróleo como son las refinerías.
- 2) Se recomienda realizar trabajos de mantenimiento predictivos y preventivos que mantengan en buen estado el sistema contra incendio como lo recomienda el NFPA 25
- 3) Capacitar al personal que realiza labores bomberiles en el manejo y operación de los equipos y sistema contra incendio, y que la misma guarde las medidas de seguridad adecuadas indicadas en el NFPA 1403.
- 4) Realizar estudios que determinen la relación entre los factores que afectan la transmisión de radiación térmica de un incendio con el caudal de enfriamiento por unidad de área aplicado a una instalación expuesta.

Bibliografía

Página Web del Ministerio de Energía y Minas
http://www.minem.gob.pe/hidrocarburos/normas_inicio.asp
Revisado el 20 de enero del 2006

Estándares de la National Fire Protection Association

- | | |
|-------------------------|---|
| NFPA 10
Edición 1998 | Portable Fire Extinguishers |
| NFPA 11
Edición 1998 | Low Expansion Foam and Combined Agent System |
| NFPA 13
Edición 1999 | Sprinkler Systems |
| NFPA 15
Edición 2001 | Water Spray Fixed Systems |
| NFPA 16
Edición 1999 | Installation of Deluge Foam Water Sprinkler Systems and Foam Water Spray Systems |
| NFPA 20
Edición 1999 | Centrifugal Fire Pumps |
| NFPA 22
Edición 1998 | Water Tanks for Private Fire Protection |
| NFPA 24
Edición 1995 | Installation of Private Fire Service Mains and their Appurtenances |
| NFPA 25
Edición 2002 | Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems |
| NFPA 30
Edición 2000 | Flammable and Combustible Liquids Code |

NFPA 69 **Explosion Prevention Systems**
Edición 1997

NFPA 70 **National Electrical Code**
Edición 2002

NFPA 72 **Protective Signaling System**
Edición 1999

NFPA 101 **Life Safety Code**
Edición 2000

NFPA 1403 **Live Fire Training Evolutions**
Edición 2002

NFPA 1971 **Protective Ensemble for Structural Fire Fighting**
Edición 2000

Manual para la Inspección Comprobación y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendios.
2da edición, editado por la NFPA

Manual de Protección Contra Incendios, Tomos I y II
4ta edición en castellano, correspondiente a la decimoséptima edición de Estados Unidos, Editado por la NFPA e impreso por la Editorial de MAPFRE, S.A.

Códigos del American Petroleum Institute

API 2610 **Design, Construction, Maintenance and Inspection of Terminals and Tanks Facilities**
Edición 2001

API 2021 **Fighting Fires in and Around Flammable and Combustible Liquid Atmospheric Storage Tanks**
Edición 2001

API 2030 **Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries**
Edición 2001