

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

DETERMINACION DE EQUIPO, DISPOSITIVOS E
INSTALACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA
LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBU-
CION DE PRODUCTOS COMBUSTIBLES DE PETRO-
LEOS MEXICANOS EN QUERETARO, QRO.

193

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

JESUS GUILLERMO LEON FELIX

1 9 7 5



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA
PROC. 117-186



QUÍMICA

PRESIDENTE: Dr. Ramón Vilchis Zimbrón

VOCAL: Ing. Octavio Figueroa Arechavaleta

SECRETARIO: Ing. Alejandro Anaya Durand

1er. SUPLENTE: Ing. Eduardo Vergara Cabrera

2do. SUPLENTE: Ing. Cutberto Ramírez Castillo

SITIO DONDE SE DESARROLLA EL TEMA:

Petróleos Mexicanos

SUSTENTANTE: Jesús Guillermo León Félix

ASESOR DEL TEMA: Dr. Ramón Vilchis Zimbrón

Con agradecimiento a mi padre
Sr. Rafael León Zazueta y a mi
madre Sra. Ma. de los Angeles
Félix de León por sus consejos,
cariño y aliento.

Con cariño a mis hermanos.

A mis familiares y en
especial a mi abuelita.

Agradezco la valiosa ayuda del Sr. Dr. Ramón Vilchis Zimbrón, para la realización del presente trabajo.

A los compañeros de trabajo de la Suptcia. Gral. de Asistencia Técnica de la Gerencia de Ventas de Petróleos Mexicanos, por los impulsos brindados para la culminación de este trabajo.

A los compañeros de mi época estudiantil y a todos mis maestros.

10-18
39-

I N D I C E

10-121
125-

	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO I GENERALIDADES.....	2
CAPITULO II DESCRIPCION DE LA PLANTA.....	9
CAPITULO III TEORIA DEL FUEGO.....	19
CAPITULO IV DETERMINACION DE EQUIPO DE PROTECCION PARA RIESGOS MENORES.....	39
CAPITULO V PRINCIPALES DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA.	55
CAPITULO VI SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO Y CALCULO DEL SISTEMA SEMIFIJO DE ES- PUMA MECANICA PARA PROTECCION DE TAN- QUES VERTICALES DE ALMACENAMIENTO.....	100
CAPITULO VII DISEÑO Y CALCULO DE LA RED DE TUBERIAS PARA AGUA CONTRA INCENDIO.....	125
CAPITULO VIII ANALISIS DE COSTOS.....	158
CAPITULO IX CONCLUSIONES	161
BIBLIOGRAFIA	164

132-

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene la finalidad de proponer un sistema de Seguridad Industrial que englobe los dispositivos, equipos e instalaciones, que se consideran necesarios para la protección de las personas que laboran en la planta, así como sus instalaciones en general. Estamos concientes que no se pueden considerar como los únicos, pero para el fin que se persigue en este trabajo se considera que son apropiados y que con ellos se podrán minimizar los riesgos que podrían transformarse en accidentes dentro de la planta en caso de no tener equipos e instalaciones adecuadas para controlarlos.

Logrando esta finalidad por las medidas de seguridad establecidas, se podrá tener un buen funcionamiento en el recibo, almacenaje y distribución de los productos combustibles, eliminando en lo posible los riesgos de incendio y explosión que podrían presentarse al manejar estos tipos de productos, dando con ello un margen de confianza a las personas que laboran en dicho centro de trabajo y a la comunidad en general.

C A P I T U L O I

G E N E R A L I D A D E S

El origen de los productos combustibles que se tratan en este trabajo se derivan del petróleo. A continuación se describe el procedimiento que se sigue para obtenerlos y para su transporte a una planta de distribución.

I ORIGEN DEL PETROLEO

El petróleo tiene su origen de aceites grasos depositados anaeróbicamente y a no muy alta temperatura en antiguos sedimentos marinos. Las teorías que formulan el mecanismo de la formación del petróleo se basan en los fenómenos de descomposición térmica de los aceites grasos bajo presión, acción de los rayos alfa sobre el metano u otros productos orgánicos, descomposición bacteriológica de los detritus orgánicos depositados en los sedimentos marinos y acción catalítica de algunos minerales sobre betunes pesados en los estratos sedimentarios. Se admite que el petróleo no se ha formado en los pozos en que se encuentra, siendo un fluido, emigra a través de los estratos geológicos

porosos, hasta que una cierta cantidad es retenida en los surcos y pliegues de la costra terrestre, o en formaciones inclinadas cerradas por fallas, cambios de sedimentación, discontinuidades, etc. Cuando el petróleo logra atravesar los estratos o se escapa a través de fallas y grietas, puede brotar a la superficie terrestre. Algunos yacimientos petrolíferos han sido descubiertos por indicios superficiales que han conducido a una prospección geológica más atenta y a perforaciones. Para la confirmación de depósitos económicamente rentables, se perforan pozos, algunos de más de 6 Km. de profundidad. La presión del agua o gas coexistentes con el petróleo, obliga a éste a subir por la perforación, y si ésta es suficientemente alta, el petróleo alcanza la superficie. Cuando termina el ascensor espontáneo, se continúa la extracción por medio de bombas y tuberías instaladas en el pozo.

El petróleo recién extraído del suelo, se denomina "petróleo crudo" o simplemente crudo.

2.- COMPOSICION DEL PETROLEO

El petróleo es un producto complejo y de composición química variable, su color va desde el pardo verdoso claro hasta el negro y puede tener una viscosidad baja o ser tan viscoso que resulte prácticamente inmóvil.

El petróleo crudo suele ser de color oscuro, de baja viscosidad y contiene gases y sólidos en disolución o dispersos. Los principales componentes del petróleo son los hidrocarburos, hallándose compuestos de azufre, de nitrógeno y oxígeno. Se estima en algunos miles, los compuestos que contiene el petróleo. Estos compuestos varían desde los que tienen un solo átomo de carbono en su molécula hasta los que tienen más de doscientos, siendo gases los que contienen hasta cuatro, de cinco hasta dieciseis, líquidos y de diecisiete en adelante, sólidos.

3.- CLASIFICACION DEL PETROLEO

Existen dos clasificaciones :

3.1 El U.S. Bureau of Mines que lo distingue de la manera siguiente:

Clase A, formada por los crudos de base parafínica.

Clase G, formada por los crudos de base nafténica.

Clase E, formada por los crudos de base nafténica y base intermedia nafténica.

3.2 Clasificación de los Refinadores que lo distingue de la manera siguiente :

Crudos de base parafínica.

Crudos de base asfáltica.

Crudos de base mixta.

Crudos de base aromática.

4.- REFINACION DEL PETROLEO

Antes de proceder al refinado del petróleo crudo, se separan los hidrocarburos gaseosos disueltos en el mismo, a la presión del yacimiento, mediante un separador aceite-gas que además separa el agua y el polvo. Los gases que se recuperan son principalmente metano, etano y cantidades importantes de butano, propano e hidrocarburos superiores. Estos son elaborados para obtener gasolina natural, gases licuados del petróleo (LP) y una cantidad considerable del gas natural.

Una vez extraído el crudo del pozo y habiendo pasado por el separador arriba mencionado, se transporta hacia una refinería por medio de bombas a través de tuberías ("oleoducto"). De esta manera se envía el crudo a grandes distancias, colocando la tubería en el suelo a lo largo de una servidumbre de paso de unos 10 m de ancho en tramos de unos 120 Km. de largo como mínimo. Cada sección tiene su propia estación de bombeo y sus tanques de almacenamiento y por si hay fugas, se recorre la tubería por la servidumbre de paso.

Otras formas de efectuar el transporte es por medio de buques tanque, autos tanque y carros tanque.

Al tener el crudo en la refinería se somete a una serie de operaciones en unidades cuidadosamente diseñadas para procesos específicos y encaminadas a la obtención competitiva de productos beneficiosos y deseados

por el hombre.

En la refinera el petróleo crudo se destila fraccionadamente a la presión atmosférica. Esta fase se conoce como destilación primaria; los líquidos obtenidos en las etapas de esta destilación se llaman frac--ciones primarias; éstas pueden utilizarse sin más tratamiento, o bien pueden elaborarse nuevamente de varias formas para aumentar el rendimiento de los productos. Las fracciones primarias sin tratar, se clasifican como gasolinas ligeras, naftas, queroseno, gasoils ligeros, medios y pesados, y residuos.

El residuo se elabora nuevamente de dos maneras : por descomposición pirolítica o desintegración molecular (cracking térmico), para obtener gasolina y coque de petróleo, y por destilación al vacío o con vapor para producir gas-oil, aceites lubricantes y asfaltos.

Los procesos seguidos en cada refinera, raramente son semejantes, pues cada petróleo crudo y las circunstancias del mercado imponen el proceso más efectivo y económico a seguir. Sin embargo, existen ciertas etapas básicas que deben utilizarse siempre. Estas se describen brevemente a continuación, en el orden como se presentan en el proceso global de las refineras.

Cracking Térmico y Catalítico. - Estas etapas se usan para convertir las fracciones más pesadas de la destilación, en fracciones más ligeras.

Estas etapas aumentan el rendimiento y también la calidad de la gasolina y de los aceites ligeros obtenidos por unidad de petróleo crudo.

Fraccionamiento de los Productos de Cracking. - Habiendo obtenido los productos en la etapa del cracking, es requerido separarlos debido a que poseen una amplia gama de puntos de ebullición y se encuentran en estado de vapor.

Estabilización y Concentración de los Hidrocarburos Gaseosos. - Esta operación separa el metano, el etano, la mayor parte de propano y algo de los butanos de las gasolinas obtenidas por destilación y cracking, obteniéndose una gasolina con la presión de vapor requerida. Al mismo tiempo se obtienen los hidrocarburos gaseosos como fracciones concentradas, los cuales se convierten parcialmente en gasolinas por polimerización y alcoholación.

Purificación. - Para utilizar los productos líquidos, es necesario eliminar los determinados compuestos sulfurados, mejorar el color, eliminar los compuestos que forman gomas, aumentar la estabilidad a la luz, mejorar el olor y reducir su poder corrosivo según el producto a tratar y sus impurezas; el proceso de mejoramiento puede consistir en uno o varios tratamientos químicos y extracciones; hidrogenación, absorción de las impurezas en determinados sólidos y adición de inhibidores de la oxidación.

Mezclado.- Esta etapa se lleva a cabo para obtener productos específicos de los productos básicos obtenidos de la Refinería y esto se lleva a cabo según las demandas del mercado.

Utilización.- Los productos finales obtenidos en la refinería y que son considerados en este trabajo, son : gasolina, queroseno y diesel. Se utilizan como combustibles para generar energía mecánica o energía calorífica. Para su distribución se tienen plantas que han sido construídas para cubrir las demandas en ciertas áreas de la República Mexicana. Una de ellas es la planta de Almacenamiento y Distribución en Querétaro, - Qro. y para transportar los productos a dichas plantas de utilizan autos tanque, carros tanque, buques tanque o poliductos, y la finalidad de nuestro trabajo es sugerir medidas de seguridad para las operaciones dentro de la planta.

C A P I T U L O I I

DESCRIPCION DE LA PLANTA

1.- GENERALIDADES

La Planta de Almacenamiento y Distribución de Querétaro, Qro. se lo caliza en el Fraccionamiento Industrial Benito Juárez, a 160 m del Km. 227+165.70 de la carretera México-San Luis Potosí.

Tiene por objeto abastecer de combustibles derivados del petróleo a la zona urbana de la ciudad de Querétaro y las estaciones de servicio foráneas por medio de autos tanque.

1.1 Superficie.-

La superficie disponible es de 120 064.1165 m², con una área -
construida de 92 700 m².

1.2 Servicios.-

El agua para los servicios de la Planta es abastecida por la red municipal correspondiente.

La energía eléctrica se obtiene de una línea de alta tensión.

1.3 Vías de Comunicación.-

El acceso a la planta se efectúa por el entronque al Km. 227+165.70

de la carretera México-San Luis Potosí.

1.4 Capacidad de la Planta.-

La capacidad de almacenamiento de la planta es de 36 570 000 litros (230 000 barriles).

2.- INSTALACIONES

Para el recibo y distribución de los productos dentro de la planta se cuenta con las siguientes instalaciones :

- 2.1 Descargaderas de autos tanque y carros tanque.
- 2.2 Llenaderas de autos tanque.
- 2.3 Llenaderas de tambores.
- 2.4 Zona de almacenamiento.
- 2.5 Casa de bombas.
- 2.6 Almacén.
- 2.7 Edificios auxiliares (oficina de ventas, caseta de vigilancia, baños y vestidores, cuarto de control de llenaderas).

3.- LLEGADA DE PRODUCTOS

Los productos llegan a la terminal por medio de autos y carros tanque procedentes de las Refinerías "18 de Marzo " de Atzacapotzalco, D.F. e "Ing. Antonio M. Amor" de Salamanca, Gto.

4.- ALMACENAMIENTO

Los productos son almacenados en tanques verticales diseñados para trabajar a presión atmosférica, contruidos con placas ASTM-A-283 Gr.C, estructura ASTM-A-36, bridas ASTM-A-181 Gr.1 y soldadura I-6010, con las siguientes características :

Tanque	Producto	CAPACIDAD		DIAMETRO		ALTURA	
		Litros	Barriles	Metros	Pies	Metros	Pies
TV-1	Diesel	8 745 000	55 000	30.48	100	12.19	40
TV-2	Diesel	8 745 000	55 000	30.48	100	12.19	40
TV-3	Pemex Nova	4 770 000	30 000	22.35	73.33	12.19	40
TV-4	Pemex Nova	4 770 000	30 000	22.35	73.33	12.19	40
TV-5	Pemex Nova	4 770 000	30 000	22.35	73.33	12.19	40
TV-6	Diáfano	3 180 000	20 000	18.28	59.99	12.19	40
TV-7	Pemex Extra	1 590 000	10 000	12.95	42.51	12.19	40

5.- CASA DE BOMBAS

De las descargaderas de autos tanque y carros tanque, los productos son enviados a los tanques de almacenamiento y de éstos a las llenaderas de autos tanque y llenaderas de tambores por medio de bombas centrífugas horizontales y verticales instaladas en un cobertizo construido con acero estructural, piso de concreto y techo de lámina de asbesto. Las carac-

terísticas de las bombas son :

B O M B A	T I P O	C A P A C I D A D		P R O D U C T O
		l/min.	Gal/min	
BCV-301 A	Centrífuga vertical	2 271	600	Pemex Nova
BCV-301 B	Centrífuga vertical	2 271	600	Pemex Nova
BCV-301 C	Centrífuga vertical	2 271	600	Pemex Nova
BCV-302 A	Centrífuga vertical	2 271	600	Pemex Nova
BCV-302 B	Centrífuga vertical	2 271	600	Pemex Nova
BCV-302 C	Centrífuga vertical	2 271	600	Pemex Nova
BCV-303 A	Centrífuga vertical	1 324.75	350	Pemex Extra
BCV-303 B	Centrífuga vertical	1 324.75	350	Pemex Extra
BCH-304 A	Centrífuga horizontal	1 324.75	350	Diáfano
BCH-304 B	Centrífuga horizontal	1 324.75	350	Diáfano
BCH-305 A	Centrífuga horizontal	3 406.50	900	Diesel
BCH-305 B	Centrífuga horizontal	3 406.50	900	Diesel
BCH-305 C	Centrífuga horizontal	3 406.50	900	Diesel

En la descarga de cada una de las bombas opera un manómetro con rango de 0-4 $\overline{\text{K}}\text{g}/\text{cm}^2$ (0-56.908 PSI).

Para impulsar las bombas se utilizan motores eléctricos a prueba de explosión acoplados directamente a cada una de ellas, con las siguientes

racterísticas :

B O M B A	MOTOR ELECTRICO	Potencia HP	CORRIENTE
BCV-301 A	Vertical a prueba de explosión	20	440 /3 /60
BCV-301 B	Vertical a prueba de explosión	20	440 /3 /60
BCV-301 C	Vertical a prueba de explosión	20	440 /3 /60
BCV-302 A	Vertical a prueba de explosión	20	440 /3 /60
BCV-302 B	Vertical a prueba de explosión	20	440 /3 /60
BCV-302 C	Vertical a prueba de explosión	20	440 /3 /60
BCV-303 A	Vertical a prueba de explosión	15	440 /3 /60
BCV-303 B	Vertical a prueba de explosión	15	440 /3 /60
BCH-304 A	Horizontal a prueba de explosión	15	440 /3 /60
BCH-304 B	Horizontal a prueba de explosión	15	440 /3 /60
BCH-305 A	Horizontal a prueba de explosión	25	440 /3 /60
BCH-305 B	Horizontal a prueba de explosión	25	440 /3 /60
BCH-305 C	Horizontal a prueba de explosión	25	440 /3 /60

6.- DESCARGADERAS DE AUTOS TANQUE Y CARROS TANQUE

Para recibir los productos que provienen de las refinerías citadas anteriormente, se cuentan con las instalaciones de descarga de autos tanque y carros tanque; estas instalaciones son tuberías injertadas a las líneas de succión de las bombas, las cuales enviarán los productos a los tanques res

pectivos. Los injertos están formados por una T, la cual sale aproximadamente 80 cm. sobre el nivel de piso terminado y termina en una T en la cual se instala una válvula macho en cada extremo y termina en un cople hembra para conexión rápida de mangueras; para descargar autos tanque la terminación es de 76.2 mm \emptyset (3 pulg. \emptyset) y para carros tanque la terminación 101.6 mm \emptyset (4 pulg. \emptyset).

6.1 Posiciones de Descarga de Autos Tanque y Carros Tanque.-

Para descargar los autos tanque se cuenta con 3 isletas y en cada una hay 5 tubos de descarga con terminación doble, de los cuales 2 son para recibir Pemex Nova, uno para Pemex Extra y los 2 restantes para Diesel y Diáfano respectivamente.

Para descargar los carros tanque se cuenta con una espuela de FF.CC., la cual cuenta con 8 posiciones de 5 tubos con doble terminación cada uno, de los cuales dos son para recibir Pemex Nova, uno para Pemex Extra y las dos restantes para Diesel y Diáfano respectivamente.

Para realizar las maniobras de descarga de autos tanque y carros tanque se utilizan mangueras de trenza textil y espiral de alambre, fabricadas con tubo interno de hule nitrilo y cubierta exterior de hule neopreno, las mangueras son de 15.24 m (50 pies) de longitud diseñadas para soportar una presión de trabajo

de 8.8 $\overline{\text{Kg}}/\text{cm}^2$ (125 PSI), las cuales presentan una flexibilidad extraordinaria y un peso sumamente ligero.

7.- LLENADERAS DE AUTOS TANQUE

Para el llenado de los autos tanque se dispone de un cobertizo llamado andén de llenado, construido de acero estructural, piso de concreto y techo de lámina de asbesto, el cual cuenta con seis isletas, provistas de dos "garzas" c/u, lo que nos da un total de 12 garzas. El piso de los andenes tiene un desnivel que permite que los productos derramados fluyan hacia el drenaje al ser lavado con abundante agua.

7.1 Posiciones de Llenado.-

Producto	No.Garzas	GASTO TOTAL		GASTO/GARZA	
		l/min.	GPM	l/min.	GPM
Pemex Nova	6	7 949.13	2 100	1 324.855	350
Pemex Extra	1	1 324.855	350	1 324.855	350
Diesel	4	5 299.42	1 400	1 324.855	350
Diáfano	1	1 324.855	350	1 324.855	350
T o t a l :	12				

8.- LLENADERAS DE TAMBORES

Para el llenado de tambores, se dispone de un cobertizo construido de acero estructural, piso de concreto y techo de lámina de asbesto, en el cual hay una rampa que se utiliza para recibir los camiones estacas y pasar así de la rampa a la plataforma de los camiones que es donde transportan los tambores. Para el llenado de dichos tambores se cuentan con tramos de manguera de 7.315 metros (23.554 pies) y 10.315 m (33.214 pies) por $1\frac{1}{2}''\varnothing$.

Para las maniobras de llenado de tambores se cuenta con 10 medidores, de los cuales 4 son para surtir Pemex Nova, 2 para Pemex Extra, 2 para Diáfano y 2 para Diesel, con un gasto por medidor de 225 l/min. (59.44 GPM).

9.- SERVICIOS AUXILIARES

9.1 Agua.- El agua para servicio de la terminal se almacena en un tanque elevado de 150 000 litros (39 626.978 gal) de capacidad y 20 m (65.616 pies) de altura sobre el nivel de piso.

El agua del tanque elevado se suministra de una cisterna de 75 000 litros (19 813.489 gal) de capacidad, la cual recibe el agua de la red municipal.

Para enviar el agua de la cisterna al tanque elevado, se emplea equipo de las siguientes características :

B O M B A	T I P O	CAPACIDAD		MOTOR	Po- tencia HP
		l/min.	gal/min.		
BCV-1001	Centrífuga vertical	378.5	100	Eléctrico vertical	10

9.2 Energía Eléctrica.- La energía para el servicio eléctrico en general de la terminal proviene de una acometida de la C.F.E. de 13,200 v 30, 60 Hz.

10.- DISTRIBUCION

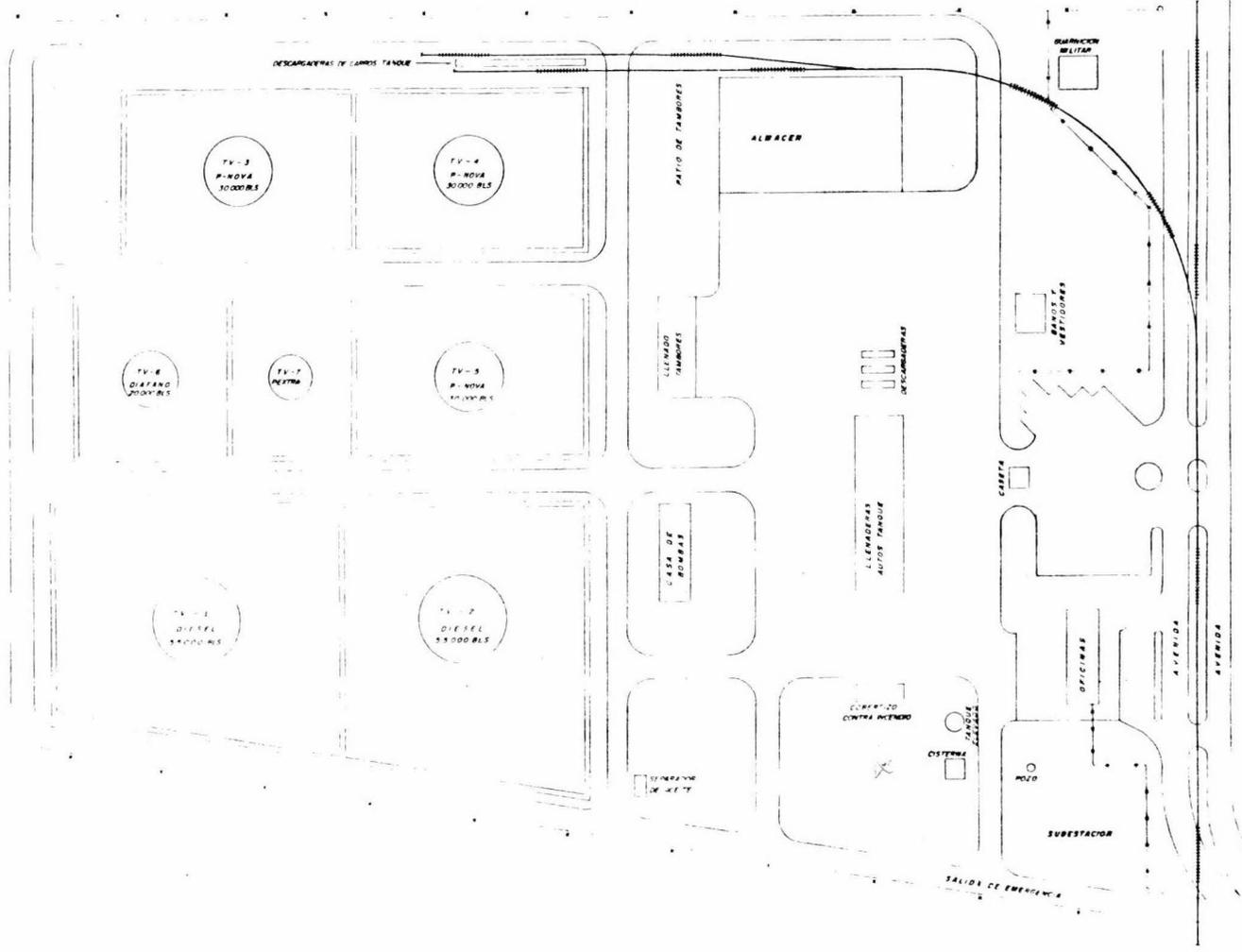
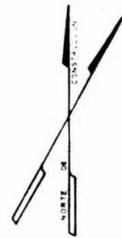
Para la distribución de los combustibles se cuenta con cuatro autos tanque de 15,000 litros (3,963 gal) de capacidad c/u. Estos equipos son los que se usan para surtir las estaciones de servicio urbanas y foráneas. Además se distribuyen los combustibles a otras plantas de almacenamiento por medio de A/T pertenecientes a cooperativas y transportistas; dichos autos tanque son usualmente de 30,000 litros (7 925.40 gal) de capacidad.

11.- RECUPERACION DE DERRAMES DE PRODUCTOS INFLAMABLES

El sistema de drenaje industrial-proveniente del área de tanques, de llenaderas, casa de bombas, etc., llega a una fosa de concreto, llamada de recuperados, en la cual se efectúa la separación de los combustibles del agua por diferencia de pesos específicos y mamparas; el agua separada de esta manera se expulsa al drenaje municipal y los combustibles son recuperados en tambores que posteriormente se envían a las refinerías para procesarlos nuevamente. Para extraer los combustibles de la fosa se cuenta con una bomba instalada en dicho lugar de las siguientes características :

B O M B A	T I P O	CAPACIDAD		MOTOR	Potencia HP
		l/min.	gal/min.		
BCV-1004	Centrífuga vertical	75.7	20	Eléctrico vertical a prueba de explosión	1

12.- El costo de la planta es de \$ 35 500 000.00 ; el del equipo de reparto de \$ 1 600 000.00.



TESIS PROFESIONAL

O C T U B R E D E 1 9 7 5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE QUIMICA
 JESUS GUILLERMO LEON FELIX

TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION
 QUERETARO, QRO. P E M E X
 LOCALIZACION GENERAL
 E S C A L A 1 : 7 8 0

PLANO NO

1

C A P I T U L O I I I

T E O R I A D E L F U E G O

Debido a que los productos que se almacenan en la planta descrita anteriormente tienen como característica el ser inflamables, y de ésta se deriva el uso de alguno de ellos, siempre tendremos presente el riesgo de incendio o explosión al manejar o utilizar estos productos. Por esta razón es necesario conocer el origen del fuego y sus causas, y de este conocimiento surge la protección contra incendio que se aplica prácticamente en todas las instalaciones petroleras.

"Protección contra incendio" es una expresión que abarca todas las medidas relacionadas con prevención, investigación y extinción de incendios, para la protección de la vida humana y la conservación de los equipos, materiales, instalaciones y edificios.

La protección C.I. abarca dos etapas distintas, que se complementan una con otra; la prevención y el combate de incendios.

La prevención es un término usado para indicar todas las medidas directas tendientes a evitar la iniciación de un fuego. Combate de incendios es la acción directa para controlar o apagar un fuego.

A continuación se tratan de un modo general los principales aspectos que cubren estos temas.

1.- EL FUEGO

1.1 Definición del Fuego.-

Generalmente, el fuego se define como la oxidación rápida de los materiales combustibles con fuerte desprendimiento de energía en forma de luz y calor.

1.2 Química del Fuego.-

Los incendios resultan de la combinación de combustible, calor y aire (oxígeno). Cuando un material se prende, es que ha llegado a una temperatura crítica conocida como "Temperatura de Ignición", continuará ardiendo mientras exista combustible, aire y una determinada temperatura para mantener esta combustión. En los combustibles líquidos de nuestro caso, el fuego se produce al mezclarse los vapores con el oxígeno del aire en determinadas proporciones, calentados a una temperatura propicia.

El fuego se puede representar gráficamente por un triángulo que reúne los 3 factores mencionados, en donde la falta de uno de los factores imposibilita la producción del fuego.



1.2.1 Combustible. -

Es un material capaz de reaccionar (oxidarse) químicamente con el oxígeno, desprendiendo luz y calor. Es el elemento de propagación del fuego. Calentándose a una temperatura determinada se generan vapores que al combinarse con el aire en presencia de una flama o chispas se queman.

1.2.2 Oxígeno (Aire). -

Debido a que el fuego es un fenómeno de oxidación, es necesaria la presencia de oxígeno para su existencia, debiendo formar una mezcla con los vapores combustibles en las proporciones adecuadas. Si existen solamente estos vapores inflamables, no es posible producir el fuego; igualmente si la mezcla es rica en oxígeno (concentración del combustible abajo del límite inferior de inflamabilidad en las condiciones dadas), no habrá suficientes vapores combustibles para que arda la mezcla.

1.2.3 Calor.-

Para que los combustibles desprendan suficientes vapores para formar una mezcla combustible con aire, es necesario que alcancen una determinada temperatura. La temperatura en que principia la vaporización se denomina "Temperatura de Inflamación" y la temperatura mínima requerida para iniciar una autoignición, independientemente del medio de calentamiento, se le conoce como "Temperatura de Autoignición".

1.3 Métodos de Extinción de Incendios.-

El conocimiento del "Triángulo de Fuego" proporciona los tres métodos fundamentales para la prevención o extinción de incendios, los cuales son los siguientes :

1.3.1 Enfriamiento.-

Eliminando el calor por enfriamiento se extingue el fuego, en este caso es necesario absorber el calor total desprendido por el fuego. El agua es el agente más común y práctico para enfriar, ya sea aplicada en forma de chorro, niebla o rocío.

1.3.2 Eliminación del Oxígeno.-

El fuego se apaga al eliminar o reducir el porcentaje de

oxígeno en la atmósfera que envuelve al fuego.

La extinción de un fuego pequeño por este método resulta relativamente fácil mediante el sofocamiento al cubrir el área con una manta mojada, arrojando tierra o arena. En cambio, el combate de grandes incendios por eliminación del oxígeno es más complicado, siendo necesario el uso de aparatos y productos específicos para obtener resultados satisfactorios.

1.3.3 Eliminación del Combustible. -

Retirar el combustible de un incendio no siempre es una maniobra factible, en ocasiones difícil y peligrosa; pero en otros casos es tan simple que basta cerrar una válvula para apagar el incendio.

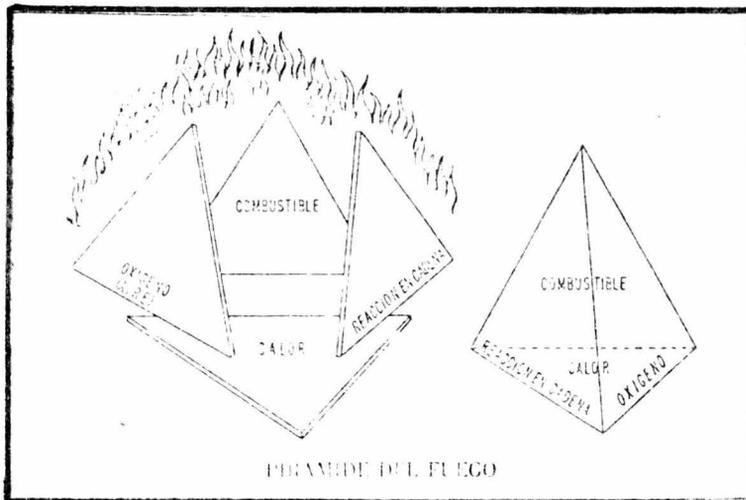
1.3.4 Interrupción de la Reacción. -

En párrafos anteriores se han descrito los tres métodos básicos en que se fundamenta la extinción del fuego. Este concepto que se ha representado por el "Triángulo del Fuego", se ha modificado para incluir una cuarta forma, "inhibir o impedir la reacción de la formación de las cadenas arborecentes".

Estudios recientes en la química del fuego han producido algunas revisiones y modificaciones en la teoría de extinción de incendios. Estas teorías indican que las moléculas de combustibles parecen combinarse con el oxígeno del aire a través de una serie de etapas sucesivas intermedias denominadas "Cadenas Arborecentes" para -

llegar a los productos finales de combustión, siendo estas etapas intermedias las que conducen a la formación de flamas. Por con siguiente, un incendio se extingue al impedir la formación de las citadas cadenas, mediante el uso de agentes extintivos de acción química.

La representación de la extinción del fuego se hace posible al ligar los 4 principios básicos; esto se aprecia en la pirámide de la figura siguiente :



1.4 Clasificación de Incendios.-

El factor que se debe eliminar en cada caso, lo da el tipo de combustible que se está quemando, por lo que los incendios se clasifican de acuerdo con el combustible, y en base a él se selecciona el agente extintivo.

1.4.1 Incendio Clase A. -

Son los que ocurren en materiales sólidos, tales como trapos, papel, madera, basura y en general en materiales que se encuentran en ese estado físico. El factor que se debe suprimir en este caso es el calor.

1.4.2 Incendio Clase B. -

Son aquellos que se producen en la mezcla de un gas, tales como butano, propano, etc., con el aire, o bien, de la mezcla de los vapores que se desprenden de la superficie de los líquidos inflamables, tales como gasolina, aceites, grasas, solventes, etc. La reducción de la cantidad de aire (oxígeno) o la acción de inhibir o evitar la combustión son los factores principales para controlar y apagar fuegos de esta clase.

1.4.3 Incendio Clase C. -

Son aquellos que ocurren en o cerca de equipo eléctrico "vivo", donde deben usarse agentes extintores no conductores.

1.4.4 Incendio Clase D. -

Son los que se presentan en cierto tipo de metales combustibles, tales como magnesio, titanio, sodio, litio, potasio, aluminio o zinc en polvo. Para el control de este tipo de

fuegos debe usarse como agente extintivo, el cloruro de sodio con aditivos de fosfato tricalcio o compuestos de grafito o coque.

2.- CAUSAS Y PREVENCION DE LOS INCENDIOS

De acuerdo con las estadísticas, las causas más comunes que originan la mayoría de los incendios son: la falta de orden y limpieza, el mal uso de cerillos y cigarrillos, condiciones anormales de las instalaciones eléctricas o de los equipos e instalaciones, y flamas abiertas provenientes de sopletes para corte y soldadura; siendo estos los riesgos que más deben vigilarse y controlarse para prevenir incendios, es necesario tomar en cuenta las siguientes indicaciones:

2.1 Falta de Orden y Limpieza.-

Se deben observar estrictamente las medidas de seguridad establecidas, así como poner especial atención para mantener el orden y la limpieza en los centros de trabajo, acatando las disposiciones indicadas a continuación.

2.1.1 Evitar la acumulación de basuras, residuos y desperdicios combustibles, tales como estopas y trapos impregnados con aceites, grasas, gasolina, etc.

2.1.2 Evitar los derrames de aceites o líquidos inflamables en el piso.

2.1.3 No hacer estibas desordenadas que puedan caerse o dificulten la circulación.

2.1.4 Cortar los pastos, retirar las ramas, madera, o vegetación seca de las cercanías de edificios e instalaciones.

2.2 Cigarros y Cerillos.-

En realidad los cigarros y cerillos no son causa directa de los incendios, la causa directa en sí, es el descuido generalizado entre un gran número de fumadores. La mayoría de los incendios han sido motivados por la falta de observancia de las reglas más elementales de precaución, como asegurarse que tanto los cigarros como los cerillos estén totalmente apagados antes de tirarlos, debiéndose utilizar siempre los ceniceros y principalmente FUMAR EN LOS CENTROS DE TRABAJO, SOLAMENTE EN LOS SITIOS EN QUE ESTA PERMITIDO HACERLO.

Una medida necesaria es la colocación de carteles claros y visibles, que prohíban fumar en todas las áreas donde sea peligroso hacerlo.

2.3 Líquidos Inflamables.-

2.3.1 Es muy frecuente el almacenamiento de líquido inflamables en lugares inadecuados y en recipientes impropios para este tipo de materiales.

- 2.3.2 No hay que olvidar que aunque sea en forma transitoria no se deben colocar líquidos inflamables cerca de fuentes de calor ; tampoco almacenarlos o transportarlos en recipientes de vidrio inadecuados o sin tapa.
- 2.3.3 Para transportar o guardar muestras o pequeñas cantidades de los diferentes tipos de líquidos inflamables, se dispone de recipientes adecuados, botes metálicos de seguridad con tapas herméticas, algunas incluso accionadas por resorte y constituidas de tal manera que su centro de gravedad sea muy bajo, lo cual puede evitar su volcadura.
- 2.3.4 Es conveniente hacer inspecciones periódicas al equipo, tuberías, recipientes, válvulas, etc. para descubrir y prevenir fugas de gases y líquidos inflamables. Debe tenerse en cuenta que los tambores o recipientes semivacíos o vacíos totalmente que hayan almacenado productos inflamables, son más peligrosos aún que los llenos, por lo que todos estos recipientes deben mantenerse bien tapados y apartados de cualquier fuente de calor.
- 2.3.5 En los almacenes que guarden líquidos inflamables, además de las medidas de seguridad indicadas anteriormente, deberá proporcionarse una buena ventilación con el objeto de evitar la formación de mezclas explosivas y evitar que se almacenen en el mismo lugar materiales oxidantes, corrosivos o explosivos.

2.3.6 En vista del gran número de incendios ocasionados por el uso indebido de gasolina y solventes (de bajo punto de inflamación) para la limpieza de pisos y equipos, no deberán usarse estos productos para esta clase de trabajos, por los riesgos que implican.

2.4 Equipos de Soldar y Cortar con Soplete.-

El empleo de estos equipos en condiciones normales de trabajo y con operadores competentes, no debe de representar ningún peligro, pero frecuentemente se olvidan las más elementales precauciones y en esas deficientes condiciones se pueden originar graves accidentes. Para evitar estos siniestros, se deberán observar las recomendaciones siguientes :

2.4.1 Inspeccionar previamente el lugar en el que se va a efectuar algún trabajo de soldadura o corte para determinar si es peligroso o no, verificando que no existan en dicha área desperdicios de materiales combustibles o mezclas explosivas en el ambiente (usando un explosímetro). También se comprobará que el piso y la superficie por soldar estén limpios, sin grasas, aceites o pinturas y en general cualquier otro material combustible. Se despejará un área de extensión adecuada alrededor del sitio donde se va a aplicar el soplete. Cuando sea práctico y posible, se deberán colocar cortinas de agua, vapor y/o lonas húmedas como protección.

- 2.4.2 El control de las condiciones existentes durante y después de efectuado el trabajo, es muy importante, ya que los materiales sufren un fuerte calentamiento, desprendiéndose generalmente chispas y partículas al rojo, que pueden causar la combustión de vapores inflamables.
- 2.4.3 Cuando se tenga la necesidad de efectuar los trabajos de referencia en áreas peligrosas (áreas de proceso, tanques, gasoductos, poliductos, estaciones de bombeo y compresión, etc.) se deberá obtener un permiso para trabajos peligrosos, con el objeto de asegurar que se tomen las medidas necesarias para evitar el riesgo que implican estos trabajos.
- 2.4.4 El oxígeno puro como viene en los cilindros, cuando hay trazas de aceite, reacciona con violencia y es explosivo. Debe vigilarse que no haya fugas en las válvulas, ni en las conexiones, así como que la manguera esté en buen estado.
- 2.5 Calentadores, Estufas, Calderas, Equipos Eléctricos, etc.-
Son causa frecuentes de incendios el estado defectuoso, la incorrecta instalación, así como la ejecución de trabajos peligrosos cerca de calderas, calentadores, estufas y equipo eléctrico, ya que es común encontrar materiales combustibles, tales como tambores, almacenamiento de líquidos inflamables, etc., en la cercanía de los equipos.

2.6 Instalaciones Eléctricas.-

2.6.1 Las instalaciones defectuosas y conexiones inseguras son fuente de muchos accidentes. Por esta razón deben revisarse cuidadosamente los cordones de conexión a los aparatos y herramientas eléctricas.

2.6.2 Asimismo, son causa de muchos incendios las instalaciones y líneas sobrecargadas o con protección deficiente, ya que están expuestas a sobrecalentamientos. Por consiguiente se deben observar las siguientes reglas para prevenir incendios :

1. No sobrecargar las líneas, verificando que la instalación eléctrica es la adecuada para los usos requeridos.
2. Evitar las instalaciones provisionales y dar un buen mantenimiento a los circuitos eléctricos.
3. Para seleccionar la instalación y el equipo eléctrico es necesario tomar en cuenta la peligrosidad de las mezclas explosivas que puedan formarse con el aire y los gases, vapores o polvos existentes en el área de trabajo.

Siempre se deberán tomar en cuenta estos detalles para evitar al máximo el riesgo de incendios.

3.- MATERIALES EXTINTIVOS

Los materiales extintivos utilizados con mayor frecuencia, son fundamen-

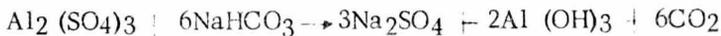
talmente : agua, espuma química, espuma mecánica, bióxido de carbono, nitrógeno, líquidos vaporizantes y polvo químico seco.

3.1 Agua.-

Para fines de contra incendio, el agua debe ser preferentemente dulce. Siendo una de las sustancias con mayor capacidad de absorción de calor, es la preferida para el ataque de incendios por enfriamiento. Puede ser empleada en forma de chorro, para mayor penetración en cuerpos ardientes o cuando se desea obtener mayor alcance, o bien en forma de niebla que produce mayor absorción de calor. Para incrementar su efectividad, se emplean aditivos que disminuyen su tensión superficial y aumentan su penetración en el material ardiente.

3.2 Espuma Química.-

Es un producto más ligero que el agua, obtenida de la reacción química entre soluciones conocidas como "A" Sulfato de Aluminio en Agua al 13% y "B" Bicarbonato de Sodio al 8%, con un 3% aproximadamente de agente estabilizador que da mayor resistencia a la espuma.



El CO₂ que se forma, queda atrapado por los otros productos de la reacción en la espuma así formada, que es muy resistente al calor

y a efectos mecánicos.

El efecto principal en la extinción del fuego, es el sofocamiento, ya que al flotar sobre los líquidos en combustión, aísla o elimina el oxígeno del aire que se encuentra en contacto con el líquido. Por su gran contenido de agua, esta espuma tiene también en el ataque de incendios un efecto enfriante de considerable valor.

El grado de expansión de la espuma química es de 1:10 sobre el volumen original de las soluciones, dependiendo este grado de expansión de la temperatura a la que se preparan las soluciones.

3.3 Espuma Mecánica. -

Por su acción sobre un cuerpo en combustión, la espuma mecánica tiene prácticamente las mismas propiedades que la espuma química y por lo tanto, las mismas aplicaciones. Esta espuma es el resultado de la mezcla de agua con un "líquido espumante" y aire.

El líquido espumante puede ser de distintas clases, clasificándose en dos grupos : tipo protéico y tipo sintético.

En el líquido protéico se emplean algunas sales polivalentes metálicas para aumentar la resistencia de la espuma al calor y a los efectos mecánicos.

Este líquido se encuentra comercialmente en dos concentraciones,

conocidas como 3% y 6%, que es la proporción en la que se deben mezclar con el agua para obtener la solución adecuada formada por la espuma al mezclarse con el aire. Su grado de expansión varía de 1:6 y 1:8. Esta espuma es conocida como de baja expansión y es similar en sus características a la espuma química por la que puede ser substituída.

El líquido espumante sintético, es una mezcla de compuestos similares a los detergentes sintéticos, capaces de producir espuma en grandes cantidades. Su grado de expansión puede ser hasta de 1:1000. Esta espuma es conocida como de alta expansión. Los líquidos espumantes de este tipo se utilizan con agua en proporciones variables, desde 2% hasta 6%, según el equipo empleado para generar la espuma y el fin a que se destine.

La diferencia fundamental entre la espuma de alta y de baja expansión y también con la química, es que la aplicación de la primera como sofocante sobre líquidos inflamables no es recomendable debido a su mínima resistencia física al calor y por su dificultad para fluir sobre los líquidos. Asimismo, si sopla un poco de viento, éste puede arrastrarla fuera del lugar que se pretende cubrir a causa de su ligereza. En cambio, para lugares cerrados (sótanos) es muy eficiente, aún para fuegos tipo "A", con la ventaja de que su poca humedad no daña considerablemente a los materiales no afectados -

por el fuego. También es de tomarse en cuenta que una persona puede entrar en un recinto lleno de espuma, sin equipo de respiración, siempre y cuando rompa las burbujas adelante de su rostro.

3.4 Polvo Químico Seco.-

El más común de estos polvos es el formado por la mezcla de bicarbonato de sodio con algunos aditivos que le dan varias propiedades importantes, como la facilidad para fluir y la de prevenir la absorción de humedad.

La principal aplicación de este polvo está en el combate de incendios B y C. Para incendios de líquidos inflamables tiene una eficacia extraordinaria y prácticamente es el único que se emplea en incendios de gases.

La presencia del polvo químico seco en forma de nube, en la misma zona de combustión (base de las flamas), interrumpe la reacción en cadena que se efectúa entre los radicales libres que se encuentran ahí y que en ese lugar se están generando.

Además del polvo base sódico antes mencionado, se usan algunos otros como el polvo químico seco base potásico, que tiene aplicación en el combate de fuegos tipo B y C y actúa bajo los mismos principios del polvo sódico. Su efectividad es mucho mayor, lle-

gando a considerarse doble a la del polvo sódico.

El polvo químico seco ABC, es otra sustancia utilizada contra incendio, distinguiéndose de los anteriores por su aplicación en incendios de las clases A, B y C. El monofosfato de Amonio es su componente principal, su efectividad es comparable a la del polvo sódico y se considera que actúa con los mismos principios de ese polvo en el combate de incendios B y C. Para fuegos tipo A, se acepta la teoría de que forma una cubierta alrededor de las partículas incandescentes, que dificulta o suspende la combustión.

Para fuegos clase D, existen algunos polvos especiales de uso específico y cuya acción es diferente de las anteriores. Uno de ellos está formado primordialmente por coque mezclado con un fosfato orgánico. Otro de estos polvos se hace a base de cloruro de sodio con algunos aditivos.

3.5 Bióxido de Carbono. -

Este es un gas inerte que tiene amplias aplicaciones en el combate de incendios. Su acción es principalmente sofocante y en cierto grado enfriante. Se prefiere a otros productos en la protección contra incendio, especialmente en lugares cerrados, cuando el equipo puede sufrir más daños por los efectos del agente extintivo que por el propio fuego y aún teniendo en cuenta que su efectividad es escasa comparada con la de otros productos.

De modo secundario pero muy importante, se emplea como medio impulsor de líquidos espumantes o polvos químicos, especialmente en extinguidores de pequeña capacidad.

3.6 Nitrógeno.-

Este gas inerte, se emplea en condiciones similares al CO₂ y en ocasiones lo substituye con ventaja. Su uso principal es como impulsor de polvo y espuma mecánica en equipos autosuficientes, ya sean fijos o portátiles, pero de capacidad mediana y grande.

3.7 Vapor de Agua.-

Aunque su empleo es reducido, se utiliza como agente extintivo por su acción sofocante. En lugares cerrados su efectividad es mayor. Es muy frecuente emplearlo en forma de cortina para prevenir incendios que pudieran presentarse al extinguir pequeñas fugas de gases o líquidos inflamables a sus temperaturas de ignición o muy cercanas a ellas. También se emplea para diluir en la atmósfera los gases que se fugan y que pueden acumularse en lugares con peligro de fuego o explosión.

3.8 Líquidos Vaporizantes.-

Dentro de este tipo de agente extintivo, está clasificado el tetracloruro de carbono, cuyo efecto es sofocante y de gran efectividad, pero está considerado prácticamente obsoleto debido a que a las gran

des temperaturas alcanzadas durante la combustión, lo descomponen en distintos gases, uno de los cuales es el fósgeno (gas de combate).

C A P I T U L O I V

DETERMINACION DE EQUIPO DE PROTECCION PARA RIESGOS MENORES

Estos equipos son los extinguidores y ellos se usan principalmente pa
ra sofocar conatos de incendio; la eficiencia de ellos depende del mo
mento en que se usen.

Un extinguidor se puede definir como un aparato autónomo, capaz de producir por sí mismo una corriente o nube de algún material extintivo suficiente para atacar el fuego en sus principios, cuando su magnitud es mínima.

Un extinguidor generalmente consiste en un recipiente cerrado, de tipo manual o sobre ruedas, según sea su capacidad, dentro del cual se en
cuentra el o los materiales extintivos. El medio impulsor también es
tá en el recipiente cuando el extinguidor es de presión contenida y lleva generalmente un manómetro para apreciar dicha presión. También dicho medio puede estar en una cápsula o cilindro separado, para mez
clarse con el material extintivo en el momento de hacer funcionar el aparato. El lugar por donde se descarga el material extintivo lo inte-

gra una manguera de diámetro y longitud adecuados a la capacidad del extinguidor, con una pequeña boquilla colocada directamente al recipiente.

Los extinguidores se usan para combatir el fuego en sus inicios y evitar así la propagación de éste, por lo cual es necesario instalar estos equipos en lugares susceptibles de incendio; para seleccionar el tipo de extinguidor, necesitamos conocer el tipo de incendio que se nos pueda presentar, conociendo esto definiremos el material extintivo del extinguidor y en base a las unidades de riesgo definiremos la capacidad y número de extinguidores.

En términos generales, puede recomendarse lo expuesto en la Tabla No. 1 que se ilustra a continuación.

1.- REQUERIMIENTOS DE LA PROTECCION CONTRA INCENDIO POR MEDIO DE EXTINGUIDORES. -

1.1 Se debe considerar como una unidad de riesgo para los fuegos de clase A, a las superficies que aparecen en la siguiente tabla :

RIESGOS	LEVES	MODERADOS	GRAVES
Superficie en m ²	250	125	Menos de 75

1.2 En los casos de fuegos clase B, se considerarán como unidades de riesgo las superficies de la tabla siguiente :

RIESGOS	Pasillos y patios salpicados	Areas susceptibles de derrames con drenaje	Areas susceptibles de derrames con estacionamiento
Superficie en m ²	50	2	0.1

1.3 El número y la colocación de los extinguidores para clase D se determinará, en cada caso, según la naturaleza y característica del riesgo.

2.- CALCULO DEL NUMERO Y CLASE DE EXTINGUIDORES NECESARIOS EN LA PLANTA.-

Los lugares de la Planta que pueden presentar riesgos y posibles incendios, y por lo tanto deben protegerse, son :

L u g a r	Clase de Fuego	R i e s g o	Area*
Almacén	A y B	Moderado para A Leve para B	¹⁶⁰⁰ 1,785 m ²
Casa de Bombas	B y C	Grave	⁴⁰⁰ 300 m ²
Caseta de vigilancia	A y B	Moderado	85 m ²
Cobertizo C.I.	B y C	Leve	78 m ²
Descargaderas autos tanque	B	Moderado	³⁶⁰ 160 m ²
Descargaderas carros tanque	B	Moderado	²⁴⁰⁰ 320 m ²
Llenaderas autos tanque	B	Grave	²²⁰ 810 m ²
Llenaderas tambores	B	Moderado	330 m ²
Oficinas	A	Moderado	⁸⁰⁰ 385 m ²
Separador de aceite	B	Moderado	15 m ²
Subestación eléctrica	C	Moderado	108 m ²

* Obtenida del plano No. 1.

De acuerdo con las unidades de riesgo que se tienen presente según el área y el tipo de incendio descritos en los puntos 1.1 y 1.2 de este capítulo, y consultando la Tabla ^{Siguiente} No. 1 para conocer qué número de unidades de riesgo nos cubre cada extinguidor seleccionado, podremos encontrar el equipo necesario para la protección de la Planta como sigue:

2.1 Almacén :

$$U.R.B = \text{Superficie total} \times \text{factor B}$$

TABLA N° 1.—EXTINGUIDORES: RESUMEN DE SUS CARACTERISTICAS, USO Y MANTENIMIENTO

	<i>Dióxido de Carbono</i> 5, 10, 15, 20, 50, 75, 100 lbs.	<i>Polvo químico</i> <i>seco sódico</i> 5, 10, 20, 30, 150, 350 lbs.	<i>Polvo químico</i> <i>seco potásico</i> 5, 10, 20, 30, 125, 300 lbs.	<i>Polvo químico</i> <i>seco A, B, C.</i> Monofosfato de amonio 10, 20, 30, 125, 300 lbs.	<i>Espuma química</i> 2 1/2, 40 gal.	<i>Espuma mecánica</i> 2 1/2, 10, 40 gal.	<i>Agua</i> 2 1/2 gal.	<i>Líquidos vaporizantes</i> 1/4, 1/2, 1, 3 1/2 gal	<i>Soda y Acido</i> 2 1/2 gal.
CLASE "A" Papel, madera, algodón, hule, etc.	Fuegos muy pequeños y superficiales; apaga únicamente la flama pero deja la brasa.	Fuegos muy pequeños y superficiales; apaga únicamente la flama pero deja la brasa.	Fuegos muy pequeños y superficiales; apaga únicamente la flama pero deja la brasa.	EXCELENTE — Acción retardante del fuego, cubre partículas incandescentes	EXCELENTE — Acción sofocante enfriante, además de ser humectante	EXCELENTE — Igual al de espuma química	EXCELENTE — Enfría y satura el material previniendo la reignición	Pequeños fuegos superficiales; apaga únicamente la flama pero deja la brasa	EXCELENTE — Enfría y satura el material, previniendo la reignición
CLASE "B" Líquidos inflamables, gas, grasa, solventes, etc.	EXCELENTE — No deja residuos, no afecta al equipo, ni alimentos	EXCELENTE — Acción química y sofocante	EXCELENTE — Acción química y sofocante	EXCELENTE — Acción química y sofocante	EXCELENTE — Sofocante, la capa que forma no se disipa, flota en líquidos aun en agitación	EXCELENTE — Sofocante, la capa que forma no se disipa, flota en los líquidos aun en agitación	NO USARLO — Esparce el fuego en vez de extinguirlo	Sofocante; aplicable a fuegos pequeños	NO USARLO — Esparce el fuego en vez de extinguirlo
CLASE "C" Motores eléctricos, transformadores, cables eléctricos vivos, etc.	EXCELENTE — No es conductor, no daña el equipo ni deja residuos	EXCELENTE — No es conductor	EXCELENTE — No es conductor	EXCELENTE — No es conductor	NO USARLO — Es conductor de la electricidad	NO USARLO — Es conductor de la electricidad	NO USARLO — Es conductor de la electricidad	EXCELENTE — No es conductor	NO USARLO — Es conductor de la electricidad
FORMA DE OPERARLO (Con algunas excepciones)	Quite el seguro accione el disparador	Quite el seguro, accione el disparador y luego la válvula del extremo de la manguera	Quite el seguro, accione el disparador y luego la válvula del extremo de la manguera	Quite el seguro accione el disparador y luego la válvula de la manguera	Inviértalo totalmente, golpeándolo contra el suelo	Quite el seguro, accione el disparador	Quite el seguro, accione el disparador	Quite el seguro, accione el disparador	Inviértalo totalmente; golpeándolo contra el suelo
ALCANCE	1 a 3 m.	1.50 a 13.50 m.	1.50 a 13.50	1.50 a 13.50 m.	10 a 13 m.	12 a 14 m.	10 a 13 m.	6 a 9 m.	10 a 13 m.
MEDIO IMPULSOR	Por sí mismo, por ser líquido y gas comprimido	Presión en el recipiente, por aire seco o nitrógeno o cápsula de bióxido de carbono	Presión en el recipiente, por aire seco o nitrógeno; o cápsula de bióxido de carbono	Presión en el recipiente, de nitrógeno o cápsula de bióxido de carbono	Presión de la reacción química	Presión contenida en el recipiente por aire o nitrógeno o cápsula de bióxido de carbono	Presión de aire, contenida en el recipiente	Con bomba o presionado con aire o nitrógeno	Presión de la reacción química
TIEMPO DE DESCARGA	8 a 30 segundos	8 a 105 segundos	8 a 60 segundos	8 a 60 segundos	40 a 180 segundos	50 a 130 segundos	60 segundos	45 a 150 segundos	60 segundos
CAPACIDAD EXTINTORA*	2 a 5 lbs, 1 a 4 B:C 10 a 15 lbs, 2 a 12 B:C 20 lbs; 8 a 12 B:C 50 a 100 lbs, 10 a 40 B:C	5 lbs, 8 B:C 10 a 30 lbs, 12 a 40 B:C 150 a 350 lbs, 40 a 80 B:C	5 lbs, 8 a 16 B:C 10 a 30 lbs, 20 a 60 B:C 125 a 300 lbs, 80 a 320 B:C	10 a 30 lbs, 1 a 6A 12 a 60 B:C 125 a 300 lbs, 20 a 40A 80 a 240 B:C	2 1/2 gal. 2A, 4 a 6B 40 gal. 20A, 20 a 40 B	2 1/2 gal, 2A, 4B 40 gal. 20A 20 a 40B	2 1/2 gal. 2A	1/4 a 1 gal, 1 a 6 B:C	2 1, 2 gal, 2A
MANTENIMIENTO	Pésese una vez al año. Si el peso disminuye un 15% deberá recargarse de inmediato. Prueba hidrostática cada 12 años	En el tipo presionado, compruébese la presión cada 4 meses. En el tipo de cartucho, pésese éste una vez al año. Prueba hidrostática cada 10 años.	Igual al sódico.	Igual al sódico. Para recargarlo no use otra clase de polvo químico.	Recárguelo cada año. Prueba hidrostática cada 5 años.	En el tipo presionado, verifique la presión cada 4 meses. En el de cartucho, péselo una vez al año prueba hidrostática cada 5 años.	Verifique la presión del aire dos veces por año. Prueba hidrostática, cada 5 años.	Revise el nivel una vez al año o compruebe la presión dos veces por año. Prueba hidrostática cada 5 años.	Recárguelo cada año. Prueba hidrostática cada 5 años.

* Los numeros indican las unidades de riesgo que pueden cubrir los extinguidores de acuerdo con el NFPA (ED 1966-1968). Las letras "A, B, C y D" corresponden a las diferentes clases de incendio.

donde : U.R.B Unidades de Riesgo tipo B

$$\text{factor B} = \frac{1}{10 \text{ m}^2} = 0.1/\text{m}^2$$

$$\text{Superficie total} = 1,785 \text{ m}^2$$

$$\therefore \text{U.R.B.} = 1,785 \text{ m}^2 \cdot 0.1/\text{m}^2 = 178.5$$

$$\text{U.R.B.} = 178.5$$

Como en este lugar también se nos puede presentar el incendio tipo A, tendremos lo siguiente :

$$\text{U.R.A.} = \text{Superficie A} \times \text{factor A}$$

donde : U.R.A. = Unidades de Riesgo tipo A

$$\text{factor A} = \frac{1}{125 \text{ m}^2} = 0.008/\text{m}^2$$

Superficie A = (Superficie total - Superficie protegida por riesgo tipo B)

$$\text{Superficie A} = (1,785 - 178.5) = 1,606.5 \text{ m}^2$$

$$\therefore \text{U.R.A.} = 1,606.5 \text{ m}^2 (0.008/\text{m}^2) = 12.852$$

Para los dos tipos de riesgo, necesitamos dos clases de agente extintivo.

Para el riesgo tipo A, se selecciona el extinguidor de agua de 9.5 litros (2.5 gal) cuya capacidad extintora es de 2A \therefore el número de extinguidores para cubrir este tipo de riesgo serán :

$$\text{NE} = \frac{12.852}{2} = 6.426$$

$$\text{NE} \approx 6$$

Para el riesgo tipo B, se selecciona el extinguidor de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es de 20 B : C, y así el número de extinguidores para cubrir este tipo de riesgo será :

$$NE = \frac{178.5}{20} = 8.925 = 9 \quad \left| \quad NE = \frac{160}{20} = 8$$

$$NE = 9 \quad \quad \quad NE = 8$$

Por lo tanto, en el almacén se instalarán 6 extinguidores de agua de 9.5 litros (2.5 gal), y 9 extinguidores de 9.1 Kg (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.

2.2 Casa de Bombas.-

$$U.R.B. = \text{Superficie total} \times \text{factor B}$$

En este caso como tenemos un riesgo grave, el factor B se encuentra considerando que por cada 3 m² tenemos una unidad de riesgo.

$$U.R.B. = \overset{400}{300} \text{ m}^2 \left(\frac{1}{3 \text{ m}^2} \right) = \overset{133}{100}$$

Seleccionando el extinguidor de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es de 20 B : C, y así el número de extinguidores requeridos será :

$$NE = \frac{\overset{133}{100}}{20} = 6.65$$

$$NE = 7$$

Por lo tanto, en la casa de bombas se instalarán 7 extinguidores de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.

2.3 Caseta de Vigilancia.-

$$U.R.A. = 85 \text{ m}^2 (0.008/\text{m}^2) = 0.68$$

Seleccionándose para este lugar un extinguidor de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de monofosfato de amonio, cuya capacidad extintora es de 4A y 30 B:C. Esta selección se hace considerando que puede estar presente el incendio tipo B, pues la finalidad de esta caseta es la de inspeccionar los autos tanque cuando van a entregar los productos combustibles.

Por lo tanto, en la caseta de vigilancia se instalará un extinguidor de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de monofosfato de amonio.

2.4 Cobertizo Contra Incendio.-

$$U.R.B. = 78 \text{ m}^2 (1/10 \text{ m}^2) = 7.8$$

Seleccionando el extinguidor de 4.55 (10 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es de 12 B:C, y así el número de extinguidores requeridos será :

$$NE = \frac{7.8}{12} = 0.65 ; NE \approx 1$$

Por lo tanto, en el cobertizo contra incendio se instalará un extinguidor de 4.55 Kg. (10 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.

2.5 Descargaderas de Autos Tanque. -

$$\text{U.R.B.} = \frac{360}{160} (1/5 \text{ m}^2) = 32$$

Seleccionando el extinguidor de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es de 20 B : C, y así el número de extinguidores requeridos será :

$$\text{NE} = \frac{32}{20} = 1.6 \quad \text{NE} \approx 2$$

Por lo tanto, en las descargaderas de autos tanque se instalarán 2 extinguidores de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.

2.6 Descargaderas de Carros Tanque. -

$$\text{U.R.B.} = \frac{400}{320} \text{ m}^2 (1/5 \text{ m}^2) = 64$$

Seleccionando el extinguidor de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es de 20 B : C, y así el número de extinguidores requeridos será :

$$\text{NE} = \frac{64}{20} = 3.2 \quad \text{NE} \approx 3$$

Por lo tanto, en las descargaderas de carros tanque se instalarán 3 extinguidores de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.

2.7 Llenaderas de Autos Tanque. -

$$\text{U.R.B.} = \frac{240}{810} \text{ m}^2 (1/3 \text{ m}^2) = 270$$

Seleccionando el extinguidor de 9.1 Kg. (20 Lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es

de 20 B : C, y así el número de extinguidores requeridos será :

$$NE = \frac{270}{20} = 13.5 \quad NE \approx 14$$

Por la forma en que se encuentran divididas las isletas de llenado de autos tanque, se requiere instalar ² 12 extinguidores. Además se tendrán instalados 2 extinguidores de 68.2 Kg. (150 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio montado sobre ruedas, los cuales cubrirán como protección adicional las isletas de llenado y descarga de autos tanque, la casa de bombas y llenaderas de tambores.

Por lo tanto, en las llenaderas de autos tanque se instalarán ⁴ ~~12~~ extinguidores (2 en cada isleta de llenado) de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.

2.8 Llenado de Tambores. - ~~110~~

$$U.R.B. = 330 \text{ m}^2 (1/5 \text{ m}^2) = 66$$

Seleccionando el extinguidor de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es de 20 B : C, y así el número de extinguidores requeridos será :

$$NE = \frac{66}{20} = 3.3 \quad NE \approx 3$$

Por lo tanto, en las llenaderas de tambores se instalarán 3 extinguidores de 9.1 Kg. (20 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.

2.9 Oficinas. -

$$U.R.A. = \overset{300}{385} \text{ m}^2 (1/125 \text{ m}^2) = \overset{6.4}{3.08}$$

Seleccionando el extinguidor de agua de 9.5 litros (2.5 gal), cuya capacidad extintora es de 2 A, y así el número de extinguidores para cubrir este tipo de riesgo será:

$$NE = \frac{\overset{6.4}{3.08}}{\overset{2}{2}} = \overset{3.2}{1.54} \quad NE \approx 2 \text{ y}$$

Por lo tanto, en las oficinas se instalarán $\frac{4}{2}$ extinguidores de agua de 9.5 litros ($2\frac{1}{2}$ galones).

2.10 Separador de Aceite. - \leftarrow NO

$$U.R.B. = 15 \text{ m}^2 (1/50 \text{ m}^2) = 3$$

Seleccionando el extinguidor de 4.55 Kg. (10 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es de 12 B : C.

Por lo tanto, por funcionalidad, en el área del separador de aceite se instalará un extinguidor de 4.55 Kg. (10 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.

2.11 Subestación Eléctrica. - \leftarrow NO

$$U.R. = 108 \text{ m}^2 (1/125 \text{ m}^2) = 0.864$$

Seleccionando el extinguidor de 2.3 Kg. (5 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, cuya capacidad extintora es de 8 B : C.

Para proteger adecuadamente la subestación eléctrica, se instalarán

2 extinguidores de 2.3 Kg. (5 lb) de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio, colocando uno en el interior y el otro en el exterior de dicho lugar.

3.- REDISTRIBUCION DE LOS EXTINGUIDORES.-

Del cálculo del número de extinguidores realizado en el punto 2, conocemos los extinguidores requeridos para cubrir los riesgos menores presentes en la Planta. A continuación se enlista la re distribución de los extinguidores.

L u g a r	Extinguidor de agua de 9.5 litros	Extinguidor de Polvo Químico Seco a base de bicarbonato de sodio, Kg.				Extinguidor Polvo Químico Seco a base de monofosfato de amonio. 9.1 Kg.
		2.3	4.55	9.1	68.2	
Almacén	6			8 9		
Casa de Bombas				7 3		
Caseta de Vigilancia						1
Cobertizo contra incendio			1			
Descargaderas de autos tanque				4 2	1	
Descargaderas de carros tanque				2 3		
Llenaderas autos tanque				4 14	1	
Llenado de tambores				3		
Oficinas	2					
Separador aceite			1			
Subestación eléctrica		2				

3.1 Los extinguidores de mano se colocarán sobre columnas, muros o barandales, a una altura aproximada de 1.5 m del piso o plataforma a la parte superior del extinguidor. Estos lugares serán identificados por pintura de color rojo bermellón, con una franja de 60 cm. de ancho y todo alrededor de la columna, o con un círculo o rectángulo sobre la pared del muro, o del barandal, que sobresalga por lo menos 20 cm. a cada lado del extinguidor.

3.2 Los extinguidores deberán distribuirse dentro del área a proteger, de tal modo que la distancia máxima entre extinguidores no sea mayor a 50 m en el caso de incendio clase A y de 30 metros en el clase B, además, la distancia máxima entre los extinguidores finales y los límites del área protegida será de 25 m en el primer caso y de 15 m en el segundo.

4.- ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CONTRA INCENDIO.-

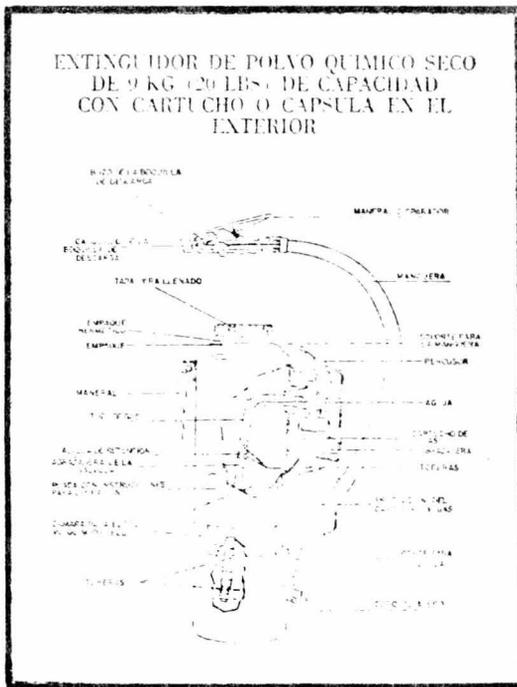
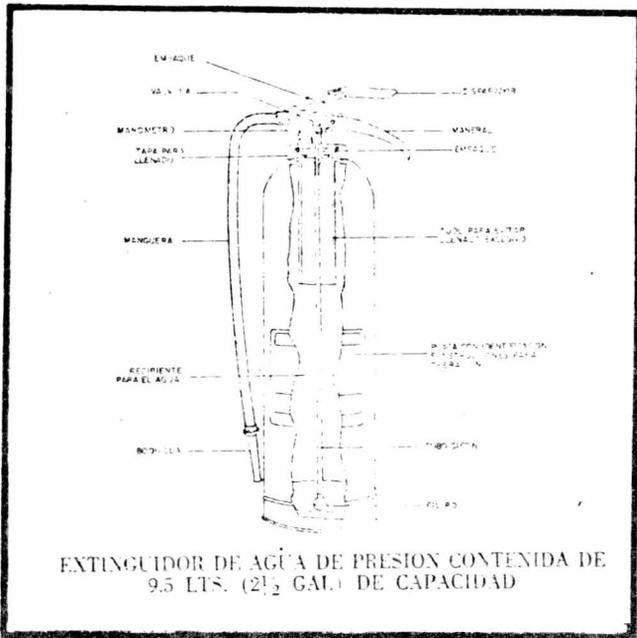
Con el fin de contar con material para recargar los extinguidores instalados, se deberá tener en existencia el 50% del total necesario, para recargar el 100% de los extinguidores de polvo químico seco con que cuente la Planta. En este material de reserva deben considerarse las cápsulas de bióxido de carbono.

5.- MANTENIMIENTO Y REVISION. -

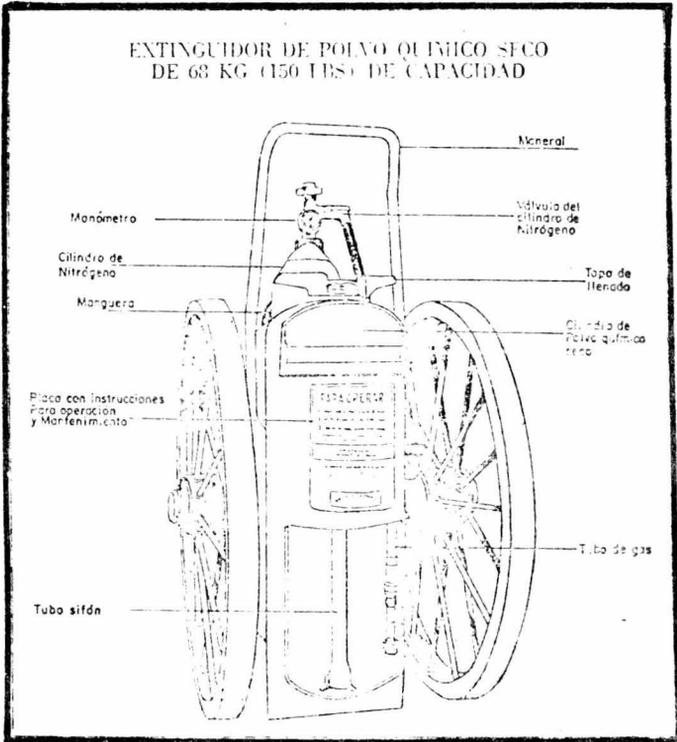
Los extinguidores de agua deberán vaciarse y revisarse totalmente por lo menos una vez cada año, se lavarán y limpiarán perfectamente y volverán a ser cargados. Se hará constar en una placa o etiqueta colocada al cuerpo del extinguidor, con la fecha de la última revisión. Se hará una prueba hidrostática cada 5 años a la coraza que contiene la substancia extintora al 75% de la presión de prueba de fábrica.

Los extinguidores de polvo químico seco deberán vaciarse y revisarse totalmente por lo menos una vez al año, limpiándolos sin utilizar agua, verificando que el recipiente del medio impulsor pese lo estipulado, recargándolos con polvo totalmente fluido y perfectamente del mismo tipo del que contenían originalmente. Se hará constar en una placa o etiqueta colocada al cuerpo del extinguidor la fecha de la última revisión y recarga. Se hará una prueba hidrostática cada 5 años o antes si existe corrosión exterior.

A continuación se ilustran los extinguidores seleccionados en este trabajo, mostrando los detalles característicos de ellos.



EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO SECO
DE 68 KG (150 LBS) DE CAPACIDAD



6.- LISTA DE MATERIALES . -

Par- tida	Can- tidad	Uni- dad	Descripción	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
1	8	Pza.	Extintidor de agua de presión contenida de 9.5 lts. (2½ gal) de capacidad.	500.00	4,000.00
2	2	Pza.	Extintidor de polvo químico seco sódico de 2.3 Kg. (5 lb) de capacidad con cápsula en el exterior.	430.00	860.00
3	2	Pza.	Extintidor de polvo químico seco sódico de 4.55 Kg. (10 lb) de capacidad con cápsula en el exterior.	550.00	1,100.00
4	36	Pza.	Extintidor de polvo químico seco sódico de 9.1 Kg. (20 lb) de capacidad con cápsula exterior.	610.00	21,960.00
5	1	Pza.	Extintidor de polvo químico seco amónico de 9.1 Kg. (20 lb) de capacidad con cápsula exterior.	680.00	680.00
6	2	Pza.	Extintidor de polvo químico seco sódico de 68 Kg. (150 lb) de capacidad.	7500.00	15,000.00
7	1	Pza.	Cápsula de CO ₂ para extintidor de polvo químico seco de 2.3 Kg. (5 lb).	60.00	60.00
8	1	Pza.	Cápsula de CO ₂ para extintidor de polvo químico seco de 4.55 Kg. (10 lb).	110.00	110.00
9	19	Pza.	Cápsula de CO ₂ para extintidor de polvo químico seco de 9.1 Kg. (20 lb.)	125.00	2,375.00
10	238	Kg.	Kilogramos de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio.	7.50	1,785.00
11	4.5	Kg.	Kilogramos de polvo químico seco a base de monofosfato de amonio.	16.50	74.25
T O T A L					48,004.25

C A P I T U L O V

PRINCIPALES DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

Los dispositivos que se determinan en este capítulo se refieren a los dispositivos necesarios en los tanques verticales de almacenamiento ; muchos dispositivos son de vital importancia, ya que los riesgos mayores de incendio son los que se encuentran latentes en dichos tanques. Además se determinan los dispositivos de protección para el sistema hidráulico en general. Asimismo se habla y se selecciona el equipo eléctrico en las áreas de operación con mayores riesgos de incendio dentro de la Planta y de los medios preventivos para solventar problemas en caso de ocurrir derrames de productos en los tanques de almacenamiento.

DISPOSITIVOS DE ALIVIO PARA LOS TANQUES VERTICALES DE TECHO FIJO QUE ALMACENAN PRODUCTOS INFLAMABLES A PRESION ATMOSFERICA.-

Los tanques verticales que almacenan y distribuyen productos inflamables requieren dispositivos de alivio a causa de :

- 1.1.- La cantidad de aire necesario en la operación de distribución y por la máxima disminución de la temperatura ambiente.
- 1.2.- Las fluctuaciones del volumen de vapores ocasionadas por la operación de llenado, los cambios de temperatura ambiente y por condiciones anormales.

La capacidad de venteo de los dispositivos de alivio debe ser tal que no se corran riesgos de excesiva presión o vacío y depende del máximo incremento o disminución de la temperatura ambiente; de las condiciones peligrosas, tales como la exposición del tanque a la acción de un posible incendio y a la cantidad de líquido bombeado. Deben funcionar ya sea durante la operación o algún tiempo después dependiendo de la expansión o contracción de los vapores.

Los dispositivos de alivio usados en este tipo de tanques se clasifican en dos tipos; el de venteo abierto, conocido con el nombre de "cuello de ganso" y el de "válvula de alivio de conservación" siendo la más usual la de combinación de "presión y vacío".

El venteo abierto es usado en los tanques, cuando se almacenan líquidos inflamables con un punto de inflamación en copa abierta de más de 65.55°C (150°F), baja presión de vapor y con desprendimiento de poca cantidad de vapores que por consiguiente no su-

ponen riesgo de fuego. Estos venteos abiertos van conectados al techo mediante una boquilla, cuentan con rejilla para evitar la entrada de pájaros, insectos, etc. y con un despabilador para caso de emergencia.

El tipo de válvula de alivio de conservación es usado en tanques que almacenan líquidos inflamables con un punto de inflamación en copa cerrada de menos de 65.55°C (150°F). Estas válvulas también se conectan al techo mediante una boquilla, están formadas por una combinación de válvula de relevo de presión y vacío, diseñadas usualmente para comenzar a operar a 2.2 g/cm^2 (0.5 Osi) de presión y 0.880 g/cm^2 (0.2 Osi) de vacío. Consisten básicamente en una caja metálica con dos orificios, uno de los cuales se comunica por un lado con el interior del tanque y por el otro con el conducto de la válvula en el que se asientan dos platillos o paletas guiadas por vástagos que pueden desplazarse verticalmente para cerrar o abrir, y así permitir la comunicación entre el interior del tanque a la atmósfera exterior por medio del otro orificio que se encuentra al final del conducto.

El arreglo de los orificios y asientos permiten que la válvula permanezca cerrada siempre que la presión dentro del tanque se encuentre en algún punto intermedio entre las presiones de calibración de la válvula. Cuando la presión en el interior del tanque descien-

da abajo de la calibración de vacío de la válvula, se establecerá una diferencia de presión entre las áreas de trabajo del platillo o paleta de vacío, suficiente para desplazarlo y permitir la admisión de aire. Similarmente, cuando la presión aumente hasta un valor superior a la presión positiva de calibración, la diferencia originará el desplazamiento del platillo de presión para permitir la expulsión de los vapores a la atmósfera exterior.

Todos los dispositivos de alivio deberán seleccionarse de tal manera que la presión requerida para la descarga de vapores o admisión de aire no sea lo suficientemente grande como para dañar el propio tanque. Esto es importante tenerlo en cuenta, para evitar el desprendimiento de las placas del techo de las vigas que lo sostienen y el desarrollo de fracturas en las costuras, a causa del exceso de presión en el interior del tanque. Las placas del techo tienen un espesor mínimo de 4.8 mm (3/16 pulg) - (tanques construídos según las normas API) y pesan aproximadamente - 37.35 Kg/m^2 (0.85 Osi) equivalente a 3.735 cm. de H_2O (1.479 pulg H_2O) y deberán ajustarse para soportar una presión de 7.62 g/cm^2 (3 pulg. H_2O) antes de que el techo se desprenda. Los dispositivos de alivio de los - tanques deberán ser capaces de manejar la máxima descarga de vapores a una presión de 3.81 cm. de H_2O (1.5 pulg. H_2O) lo que nos da un considerable margen de seguridad respecto a la ruptura del techo.

Por lo que se refiere al vacío del tanque, debe protegerse de la tenden-

cia al aplastamiento o deformación del techo y del pandeo del cuerpo, ocasionado por una excesiva presión de vacío. Un vacío de 3.81 cm. de H₂O (1.5 pulg.H₂O) es recomendable como límite práctico para el manejo del máximo volumen de aire de entrada.

Tanto el tipo de venteo abierto como el de conservación pueden introducir fuego a través de sus entradas, cuando los vapores inflamables fluyen por ellas, razón por la que deben equiparse con despabiladores de bisagra operados desde tierra para extinguir este tipo de fuegos, o bien con arrestadores de flama también conocidos con el nombre de aparta-flamas, los que están diseñados primordialmente para evitar la propagación de flamas o explosiones en las líneas de venteo y para separar y recuperar cualquier líquido que sea arrastrado en la corriente de vapores. Generalmente se encuentran instalados entre el tanque y la válvula de alivio, y en tanques que almacenan productos inflamables con un punto de inflamación menor de 65.55°C (150°F).

Los arrestadores de flama consisten básicamente en una caja metálica (generalmente de aluminio o hierro), la que contiene un elemento removable compuesto por una serie de láminas acanaladas hechas de aluminio o acero inoxidable, que son materiales resistentes a los efectos causados por los vapores corrosivos. El diseño de la rejilla formada por las láminas reduce la fricción superficial, aumentando la capacidad de flujo a través de ellas, dando mayor eficiencia en el filtrado del condens

sado.

Cada vez que la válvula de presión y vacío acciona para expulsar los vapores a la atmósfera, hay un punto (debido al diseño propio de la válvula) en el cual la velocidad de los vapores que pasan por ella es menor que la velocidad de propagación de la flama. Si por cualquier causa estos vapores entran en combustión, la flama avanzará contra el flujo, hacia el interior del tanque, pero se extinguirá al tratar de pasar por las rejillas del arrestador de flama, ya que las láminas absorberán calor con mayor rapidez que lo que genera la flama, reduciendo, por consiguiente, la temperatura de los vapores.

La capacidad de flujo de las válvulas de alivio ha sido motivo de controversia desde su invención. Varias compañías han desarrollado fórmulas, gráficas y tabulaciones, basadas en la experiencia y en los datos disponibles, para ser usadas por sus ingenieros. En 1939, el Instituto Americano del Petróleo estableció una comisión para estudiar este asunto y desarrolló un método general para su aplicación en la industria petrolera. El informe de esta comisión incluyó contribuciones de gran número de observadores calificados; como resultado, en 1941 se estableció la "Guía API De Venteos para Tanques no Subterráneos que Almacenen Petróleo y sus Derivados, a Bajas Presiones", la que se reproduce más adelante. La guía se aplica cuando se requiere saber la capacidad mínima de los dispositivos de alivio.

Aparte de la "Guía A.P.I.", la "Vapor Recovery System", inició en 1928 un estudio detallado de este asunto, el cual incluyó mediciones y análisis de los vapores en operación, dando como resultado la "Fórmula de Ventilación Varec" y sus monogramas que han sido ampliamente usados desde 1930.

1.3 GUIA A.P.I. DE VENTEOS PARA TANQUES NO SUBTERRANEOS, QUE ALMACENEN PETROLEO O SUS DERIVADOS A BAJAS PRESIONES. -

1.3.1 APLICACION. -

Esta guía se aplica principalmente a los tanques de almacenamiento de productos derivados del petróleo diseñados para trabajar a presión atmosférica. Los venteos en estos tanques son necesarios por las razones siguientes :

- 1.3.1.1 El tanque desfogará la máxima cantidad de vapores cuando se llene al máximo gasto, en virtud del volumen desplazado por el líquido introducido al tanque y por la evaporación causada por la agitación.
- 1.3.1.2 Desfogue de los vapores producidos por la expansión y evaporación del máximo incremento de la temperatura ambiente.
- 1.3.1.3 Desfogue de los vapores causados por condiciones de emergencia o anormales, tales como exposición al fuego.
- 1.3.1.4 Entrada de aire ocasionada por el máximo flujo de vaciado de combustible del tanque.

1.3.1.5 Entrada de aire motivada por la contracción y condensación de los vapores como resultado de la máxima disminución de la temperatura ambiente.

1.3.2 CAPACIDAD DE VENTEO NECESARIA DE LOS DISPOSITIVOS DE ALIVIO. -

1.3.2.1 Para desfogue de los vapores (presión de relevo).

1.3.2.1.1 Necesidades ocasionadas por la operación de llenado del tanque y la evaporación resultante que equivale a 17 m^3 aire/hora (600 pies^3 aire/hora) por cada $15.9 \text{ m}^3/\text{hora}$ (100 barriles/hora), para productos con un punto de inflamación de 37.77°C (100°F) y mayores.

1.3.2.1.2 Necesidades originadas por la operación de llenado del tanque y la evaporación resultante que equivale a 33.96 m^3 aire/hora ($1,200 \text{ pies}^3$ aire/hora) por cada $15.9 \text{ m}^3/\text{hora}$ (100 barriles/hora), para productos con un punto de inflamación menor de 37.77°C (100°F).

1.3.2.1.3 Los requerimientos en relación con el aumento de temperatura para un tanque de capacidad dada que almacene productos con un punto de inflamación de 37.77°C (100°F) y mayores, se contienen en la columna 3 de la Tabla 1 y para los de un punto de inflamación de menos de 37.77°F (100°F) en la columna 4 de dicha Tabla.

1.3.2.2 Para entrada de aire (vacío).

1.3.2.2.1 La necesidad debida a la operación de vaciado del tanque es de 15.9 m³ aire/hora (560 pies³ aire/hora) por cada 15.9 m³/hora (100 barriles/hora), para productos con cualquier punto de inflamación.

1.3.2.2.2 Las necesidades ocasionadas por la disminución de la temperatura, para tanques de una capacidad dada y que almacenen productos con cualquier punto de inflamación, se consignan en la columna 2 de la Tabla 1.

1.3.2.3 Capacidad total de venteo.-

La capacidad total de venteo está dada por la suma de la capacidad requerida para revelar presión o vacío, necesaria en el llenado o vaciado del tanque, mas la debida a las variaciones térmicas, que figuran en la Tabla 1.

La capacidad obtenida deberá ser manejada a una presión tal, que deberá poderse aplicar repetidamente a los tanques sin que cause roturas o deformaciones permanentes.

1.3.3 DIFERENTES TIPOS DE VENTEOS.-

1.3.3.1 Venteos abiertos.-

Este tipo de venteos suele emplearse en tanques que almacenen

productos con un punto de inflamación de 37.77°C (100°F) ó mayores.

1.3.3.2 Válvulas de presión y vacío.-

Este tipo de válvulas pueden utilizarse en cualquier tipo de tanque. Suele emplearse en tanques que almacenen productos inflamables - con un punto de inflamación menor de 37.77°C (100°F), excepto en tanques de menos de 9,462 litros (2,500 gal) de capacidad que almacenen aceite crudo.

1.3.3.3 Venteos de emergencia.-

1.3.3.3.1 Con el propósito de ayudar al flujo normal de vapores, producidos en la exposición al fuego, los tanques deberán tener varios dispositivos o ser construídos de tal forma que releven la excesiva presión interna que se produce en dicha exposición. Esto puede lograrse, aumentando el número de venteos abiertos, el número de válvulas de presión y vacío, instalando en el techo medidores de escotilla de cierre automático o registro de hombre con tapa que desplace por la presión interna del tanque, o bien haciendo que la unión entre el techo y la envolvente falle a una presión determinada y por ahí fluyan los vapores para disminuir la presión interior del tanque.

1.3.3.3.2 Cualquier tanque con techo cónico que posea un diámetro de 11 m (36 pies) ó más y de techo unido a la envolvente de forma similar a lo indicado en las especificaciones A.P.I. Std. 12 A, 12 B, 12 C ó 12 D, se considera con unión débil entre techo y envolvente y no requerirán necesariamente de dispositivos de emergencia.

1.3.3.3.3 Deberán de proveerse de venteos de emergencia :

- Los tanques horizontales.
- Los tanques verticales que tengan techo de domo o de paraguas, salvo los construídos de acuerdo con la especificación A.P.I. Std. 12 C.
- Los tanques que contengan productos con una presión de vapor Reid mayor de $1.26 \overline{\text{Kg/cm}^2}$ (18 PSI).

1.3.3.3.4 La capacidad de relevo de los venteos de emergencia, excepto para la condición del párrafo 3.3.3, será igual a la diferencia entre la capacidad total de relevo dada en la Tabla 2 y la capacidad de desfogue por operación.

TABLA 1
CAPACIDAD DE VENTEO DEBIDA A LAS VARIACIONES TERMICAS

Capacidad del Tanque		Entrada de Aire (Vacío)		Desfogue (Presión)			
(1)		(2)		(3)		(4)	
Metros ³	Barriles	m ³ aire/hr.	pies ³ aire/hr.	Punto de inflamación de - 37.77°C (100°F) y mayores		Punto de inflamación menor de 57.77°C (100°F)	
				<u>m³ aire</u> hr.	<u>pies³ aire</u> hr.	<u>m³ aire</u> hr.	<u>pies³ aire</u> hr.
159	1,000	28.32	1,000	17.00	600	28.32	1,000
318	2,000	56.64	2,000	33.98	1,200	56.64	2,000
477	3,000	84.96	3,000	50.97	1,800	84.96	3,000
636	4,000	113.28	4,000	67.97	2,400	113.28	4,000
795	5,000	141.60	5,000	84.96	3,000	141.60	5,000
1,590	10,000	283.20	10,000	169.92	6,000	283.20	10,000
2,385	15,000	424.80	15,000	254.88	9,000	424.80	15,000
3,180	20,000	566.40	20,000	339.84	12,000	566.40	20,000
3,975	25,000	679.68	24,000	424.80	15,000	679.68	24,000
4,770	30,000	792.96	28,000	481.44	17,000	792.96	28,000
5,656	35,000	877.92	31,000	538.08	19,000	877.92	31,000
6,360	40,000	962.88	34,000	594.72	21,000	962.88	34,000
7,155	45,000	1,047.84	37,000	651.36	23,000	1,047.84	37,000
7,950	50,000	1,132.80	40,000	679.68	24,000	1,132.80	40,000
9,540	60,000	1,246.08	44,000	764.64	27,000	1,246.08	44,000
11,130	70,000	1,359.36	48,000	821.28	29,000	1,359.36	48,000
12,720	80,000	1,472.64	52,000	877.92	31,000	1,472.64	52,000
14,310	90,000	1,585.92	56,000	962.88	34,000	1,585.92	56,000
15,900	100,000	1,699.20	60,000	1,019.52	36,000	1,699.20	60,000
19,080	120,000	1,925.76	68,000	1,161.20	41,000	1,925.76	68,000
22,260	140,000	2,124.00	75,000	1,274.40	45,000	2,124.00	75,000
25,440	160,000	2,322.24	82,000	1,416.00	50,000	2,322.24	82,000
28,020	180,000	2,548.80	90,000	1,529.28	54,000	2,548.80	90,000

99

Interpolar para valores intermedios.

T A B L A 2
CAPACIDAD DE RELEVO DE LOS VENTEOS DE EMERGENCIA

Capacidad del Tanque		Desfogue Total		Diámetro Aproximado del Orificio para Descargar a Distintas Presiones							
Metros ³	Barriles	m ³ aire	pies ³ aire	7.62 cm. H ₂ O (3 pulg. H ₂ O)		70 gr/cm ² (1 psi)		175 gr/cm ² (2.5 psi)		350 gr/cm ² (5 psi)	
		hora	hora	cm.	pulg.	cm.	pulg.	cm.	pulg.	cm.	pulg.
3.785 6 -	23.8 6 -	716.49	25,300	10.16	4	6.35	2 1/2	5.08	2	3.81	1 1/2
15.14	95.2	1968.24	69,500	17.14	6 3/4	9.52	3 3/4	7.62	3	6.35	2 1/2
64.13	428.0	3936.48	139,000	24.13	9 1/2	13.97	5 1/2	10.79	4 1/4	9.52	3 3/4
94.62	595.0	4701.12	166,000	26.03	10 1/4	15.24	6	12.06	4 3/4	10.16	4
211.96	1330.0	7164.96	253,000	32.38	12 3/4	18.41	7 1/4	14.60	5 3/4	12.70	5
378.60	2380.0	10280.16	263,000	38.73	15 1/4	22.22	8 3/4	17.78	7	15.24	6
586.68	3690.0	12970.56	458,000	43.81	17 1/4	24.76	9 3/4	19.68	7 3/4	16.51	6 1/2
840.27	5290.0	14783.04	522,000	46.35	18 1/4	26.67	10 1/2	20.95	8 1/4	17.78	7
1797.88	11300.0	17671.68	624,000	50.80	20	28.57	11 1/4	22.86	9	19.68	7 3/4
2781.98 6	17500.0 6	18351.36	648,000	50.80	20	29.21	11 1/2	23.49	9 1/4	19.68	7 3/4

Interpolar para valores intermedios.

1.4 Fórmula de Venteo VAREC. -

Debido a las razones por las cuales son necesarios los venteos en los tanques que almacenan productos derivados del petróleo a presión atmosférica, la "VAREC" desarrolló las siguientes fórmulas de venteo para calcular la capacidad de los mismos durante la operación de los tanques.

DESFOGUE (LADO PRESION)

$$M = \left[(ABC + D_1) E + (D_1 F H J) \right] G \quad (1)$$

ENTRADA DE AIRE (LADO VACIO)

$$N = (ABC + D_2) E + \frac{AEK}{L} J \quad (2)$$

Donde :

- A = Capacidad del tanque en barriles.
- B = Coeficiente de expansión o contracción por °F (0.002)
- C = Máximo cambio de temperatura interna en °F/hora.
- D₁ = Cantidad de líquido bombeado al interior del tanque en barriles/hora.
- D₂ = Cantidad de líquido bombeado del interior del tanque en barriles/hora.
- E = Pies cúbicos por barril (5.6)
- F = Coeficiente de venteo según la presión de vapor Reid.
(ver gráfica 1 a continuación).
- G = Factor de conversión de densidad específica de los vapores al equivalente en aire ($\sqrt{\frac{\text{Densidad específica de los vapores}}{\text{Densidad específica de los vapores}}}$)

- H = Galones por barril (42).
- J = Cantidad de vapores en pies cúbicos por galón de líquido.
- K = Saturación del líquido en vapor (0.003 gal/pies³).
- L = Factor de condensación (2)
- M = Requerimiento máximo, lado presión, en pies³/hora de -
equivalente aire.
- N = Requerimiento máximo, lado vacío, en pies³/hora de equi-
valente aire.

Análisis dimensional.- Substituyendo las unidades de los parámetros en las ecuaciones 1 y 2, tenemos :

$$M = \left[\left(\frac{\text{Barriles } ^\circ\text{F}}{^\circ\text{F hr.}} + \frac{\text{Barriles}}{\text{hora}} \right) \frac{\text{Pies}^3}{\text{Barril}} + \left(\frac{\text{Barriles Gal.}}{\text{hora Barril}} \frac{\text{Pies}^3}{\text{Gal.}} \right) \right] G$$

$$M = \left[\frac{\text{Pies}^3}{\text{hora}} \right] G$$

$$M = \text{Pies}^3 \text{ de vapor por hora } \times G.$$

$$M = \underline{\text{Pies}^3 \text{ de aire por hora.}}$$

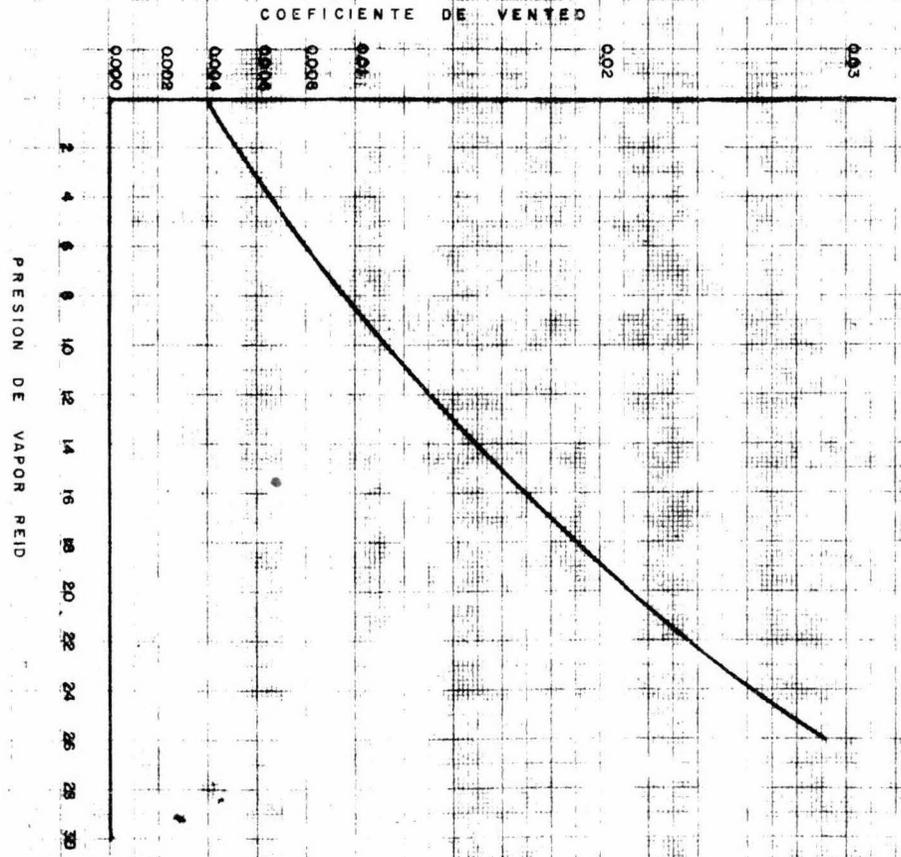
M = Máximo desfogue del tanque en pies cúbicos de aire por
hora.

$$N = \left(\frac{\text{Barriles}}{^\circ\text{F}} \frac{^\circ\text{F}}{\text{hora}} + \frac{\text{Barriles}}{\text{hora}} \right) \frac{\text{Pies}^3}{\text{Barril}} + \left(\frac{\text{Barriles}}{\text{hora}} \frac{\text{Pies}^3 \text{ Gal.}}{\text{Barril Pies}^3} \right) \frac{\text{Pies}^3}{\text{Gal.}}$$

$$N = \text{Pies}^3 \text{ de aire por hora.}$$

N = Máxima aspiración del tanque en pies cúbicos de aire por
hora.

GRAFICA
COEFICIENTE DE VIENTO VS. PRESION DE VAPOUR REID



1.5 Cálculo de los Venteos Necesarios en los Tanques. -

Para calcular la capacidad de desfogue y de aspiración de los venteos necesarios por operación en los tanques de almacenamiento, - se usará la fórmula "VAREC", también se dará un ejemplo de resolución por medio de monogramas, los cuales resultan de las fórmulas usadas.

Las válvulas de presión y vacío con arrestador de flama que se - instalen serán "VAREC" Fig. 2000, el tamaño y número necesario, se seleccionará de acuerdo con la capacidad requerida por opera-- ción y para una presión de calibración de 3.81 cm. de agua ($1 \frac{1}{2}$ pulg. de agua) tanto para presión positiva como para negativa y del tipo que empieza a operar a 2.2 g/cm² (0.5 OSI). Con estas con-- diciones la capacidad de aire de 15.5°C (60°F) de los distintos ta-- maños fabricados por la compañía VAREC son, de acuerdo con las curvas del boletín Cp-2701 B de dicha compañía, las siguientes :

Válvula de Presión y Vacío con Arrestador de Flama.		Capacidad a 3.81 cm. H ₂ O (1.5 pulg.H ₂ O) a 15.5°C (60°F) y 1 atm (14.7 PSIA)			
Tamaño cm.	Tamaño pulg.	Presión (Desfogue) m ³ aire/hr. pies ³ aire/hr.		Vacío (Admisión) m ³ aire/hr. pies ³ aire/hr.	
5.08	2	99.12	3,500	71.65	2,530
7.62	3	254.88	9,000	161.43	5,700
10.16	4	396.48	14,000	283.20	10,000
15.24	6	601.80	21,250	430.13	15,188
20.32	8	906.24	32,000	807.12	28,500
25.40	10	1,557.60	55,000	1,062.00	37,500
30.48	12	1,982.40	70,000	1,699.20	60,000

Las características de los productos almacenados, necesarias para el cálculo, se enlistan a continuación.

Producto	Temperatura Inflamación		Presión de vapor Reid 37.77°C (100°F)		Peso Específico 20/4°C	Peso Molecular W
	°C	°F	Kg/cm ²	PSI		
Pemex Extra	-42.8	- 45	0.6679	9.5	0.720	100
Pemex Nova	-42.8	- 45	0.6679	9.5	0.721	100
Diesel	52	125.6	-	-	0.850	210
Diáfano	41	105.8	0.3515	5	0.750	170

Producto	Dens. Esp. de los Vap.	Factor de Conversión G	Coeficiente de Venteo (Gráfica I)	J
				pies ³ /Gal.
Pemex Extra	3.4482	1.8569	0.009	24.2713
Pemex Nova	3.4482	1.8569	0.009	24.3005
Diesel	7.2413	2.6909	0.0045	13.6931
Diáfano	5.8620	2.4211	0.0065	14.8837

Donde :

$$\text{Densidad específica de los vapores} = \frac{\text{P.M. de los vapores}}{\text{P.M. del aire}}$$

P.M. Aire = 29

$$\text{Densidad específica de los vapores} = \frac{\text{P.M. de los vapores}}{29}$$

J = Cantidad de vapores que desprende el líquido.

$$J = V_2 N$$

$$J = V_2 \frac{W}{\text{P.M.}}, \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad V_2 = V_1 \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1}$$

$$J = V_1 \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} \frac{W}{\text{P.M.}}$$

En donde :

$\checkmark V_2$ = Volumen molar de cualquier gas en las condiciones ambientales.

$\checkmark N$ = Número de moles.

V_1 = Volumen molar de cualquier gas en condiciones normales
22.4 L/g.mol. (359 pies³/lb-mol).

P_1 = Presión en las condiciones normales 760 mmHg (14.696 PSIA).

P_2 = Presión atmosférica en la Cd. de Querétaro, Qro.
1,800 m. SNM = 630 mmHg (12.1822 PSIA).

T_1 = Temperatura absoluta en condiciones normales 273°K (0°C)

T_2 = Temperatura promedio máxima absoluta en la Cd. de Querétaro, Qro. 303°K (30°C).

$\checkmark W$ = Peso del producto por galón de líquido a 30°C.

$\checkmark \text{P.M.}$ = Peso molecular del producto.

Por lo tanto :

$$J = \frac{359 \text{ pies}^3 (14.696 \text{ PSIA}) 303^\circ\text{K}}{\text{lb-mol} (12.1822 \text{ PSIA}) 273^\circ\text{K}} \frac{W}{\text{P.M.}}$$

$$J = 408.6708 \frac{W}{P.M.}$$

$$J = \frac{\text{Pies}^3 \text{ gas } \text{ } ^\circ\text{K} (\text{lb}/\text{pulg}^2) \text{ lb}}{\text{lb-mol } \text{ } ^\circ\text{K} (\text{lb}/\text{pulg}^2) \text{ Gal. lb/lb-mol.}}$$

$$J = \frac{\text{Pies}^3 \text{ gas}}{\text{Gal. liq.}}$$

Producto	Densidad del líquido a 20°C		Factor Corrección para Densidad a 30°C f	Densidad del líquido a 30°C = $f \times 20^\circ\text{C}$	
	g/ml	lb/gal.		g/ml	lb/gal
Pemex Extra	0.720	6.0084	0.98850	0.71172	5.9391
Pemex Nova	0.721	6.0167	0.98850	0.7127	5.9474
Diesel	0.850	7.0932	0.99200	0.8432	7.0364
Diáfano	0.750	6.2586	0.98950	0.7421	6.1931

GASOLINAS. -

a) Pemex Extra.

$$J = 408.6708 \frac{5.9391}{100}$$

$$J = 24.2713 \text{ pies}^3 \text{ vapor/Gal. líquido.}$$

b) Pemex Nova.

$$J = 408.6708 \frac{5.9474}{100}$$

$$J = 24.3005 \text{ pies}^3 \text{ vapor/Gal. líquido.}$$

DIESEL. -

$$J = 408.6708 \frac{7.0364}{210}$$

$$J = 13.6931 \text{ pies}^3 \text{ vapor/Gal. líquido.}$$

DIAFANO. -

$$J = 408.6708 \frac{6.1931}{170}$$

$$J = 14.8837 \text{ pies}^3 \text{ vapor/Gal. líquido.}$$

Por otro lado, el máximo cambio de temperatura en los productos es de 11.11°C/hr. (20° F/hr) y las cantidades de líquidos bombeados son:

Producto	CANTIDAD DE LIQUIDO BOMBEADO					
	AL TANQUE (D1)			DEL TANQUE (D2)		
	L/hr.	Barriles/hr.	GPM	L/hr.	Bls/hr.	GPM
Pemex Extra	79,491.3	499.94	350	79,491.3	499.94	350
Pemex Nova	136,270.8	857.04	600	272,541.60	1,714.09	1,200
Diesel	204,406.2	1,285.57	900	340,677.0	2,142.62	1,500
Diáfano	79,491.3	499.94	350	79,491.3	499.94	350

A continuación se calcula el venteo necesario para los distintos tanques.

TANQUES TV-3 TV-4 y TV-5

Producto almacenado : Pemex Nova

Capacidad (A) = 4,770,000 litros (30,000 barriles)

Venteo necesario por operación.

$$M = \overline{(ABC + D_1)} E + \overline{(D_1FHJ)} G$$

Substituyendo los valores numéricos de los parámetros, tendremos :

$$M = \overline{(30,000 \times 0.002 \times 20 + 857.0490)} 5.6 \overline{(857.0490 \times 0.009 \times 42 \times 24.3005)} 1.8569$$

$$M = \overline{(1,200 + 857.0490)} 5.6 + \overline{(7872.4998)} 1.8569$$

$$M = (11,519.474 + 7872.4998) 2.880$$

$$M = 19391.973 \times 1.8569$$

$$M = \underline{36008.954 \text{ pies}^3 \text{ aire/hora}}$$

$$N = (ABC + D_2) E + \frac{AEK}{J} J$$

Substituyendo los valores numéricos de los parámetros, tendremos :

$$N = (30\,000 \times 0.002 \times 20 + 1714.0981) 5.6 \frac{30\,000 \times 5.6 \times 0.003}{2} \times 24.3005$$

$$N = (2\,914.0981) 5.6 + 6\,123.726$$

$$N = 16\,318.949 + 6\,123.726$$

$$N = \underline{22\,442.675 \text{ pies}^3 \text{ aire/hora}}$$

Selección de la válvula de presión y vacío con arrestador de flama.

$$\text{Número de válvulas} = \frac{M}{\text{Cap. de Desf. de la válvula}}$$

LADO PRESION. -

Capacidad de desfogue de la válvula con arrestador de flama de 25.40 cm.

(10 pulg) del tipo que empieza a operar a 2.2 g/cm² (0.5 OSI) a la presión de 3.81 g/cm² (1.5 pulg. H₂O) = 1 557.60 m³ aire/hr.

(55 000 pies³ aire/hr) Aire de 15.5°C (60°F), para 30°C (86°F) tenemos:
 Capacidad de desfogue (t°C) = Capacidad de desfogue (15.5°C) x factor de corrección por temperatura.

$$\text{Factor de corrección por temperatura} = \sqrt{\frac{273 + 15.5^{\circ}\text{C}}{273 + t_{\text{ambiente}}^{\circ}\text{C}}}$$

$$\text{Factor de corrección por temperatura} = \sqrt{\frac{288.5^{\circ}\text{K}}{273 + 30^{\circ}\text{K}}}$$

$$\text{Factor de corrección por temperatura} = \sqrt{\frac{288.5}{303}}$$

$$\text{Factor de corrección por temperatura} = \sqrt{0.9521}$$

$$\text{Factor de corrección por temperatura} = 0.9757$$

$$\text{Capacidad de desfogue a } 30^{\circ}\text{C (86}^{\circ}\text{F)} = 1557.60 \times 0.9757$$

$$\text{Capacidad de desfogue a } 30^{\circ}\text{C (86}^{\circ}\text{F)} = 1519.7503 \text{ m}^3 \text{ aire/hr.}$$

$$(53667.513 \text{ m}^3 \text{ /aire)}$$

$$\text{Número de válvulas} = \frac{36\,008.954}{53\,667.513} = 0.6709$$

LADO VACIO. -

Capacidad de admisión de la válvula con arrestador de flama, de - -
 25.40 cm. (10 pulg), del tipo que empieza a operar a 2.2 g/cm² - -
 (0.5 OSI) a 3.81 cm. de H₂O (1.5 pulg.H₂O) = 1 062 m³ aire/hora - -
 (37 500 pies³ aire/hora), aire de 15.5°C (60°F), para 30°C (86°F), te-
 nemos :

$$\text{Número de válvulas} = \frac{22\,442.675}{37\,500 \times 0.9757} = 0.6133$$

Por lo tanto, para manejar los $1\ 019.6972\ m^3$ aire/hr. ($36\ 008.954$ -
pies³ aire/hr) desfogados durante la operación de cualquiera de los -
tanques de Pemex Nova, es necesario instalarle a cada uno, una válvu-
la de presión y vacío con arrestador de flama, "Varec" Fig. 2000 de
25.4 cm. (10 pulg) de \emptyset del tipo que empieza a operar a $2.2\ g/cm^2$ -
(0.5 OSI) tanto en presión positiva como en negativa, y montadas al te-
cho de los tanques mediante boquillas "Varec" Fig. 120 de 25.4 cm. -
(10 pulg) de \emptyset .

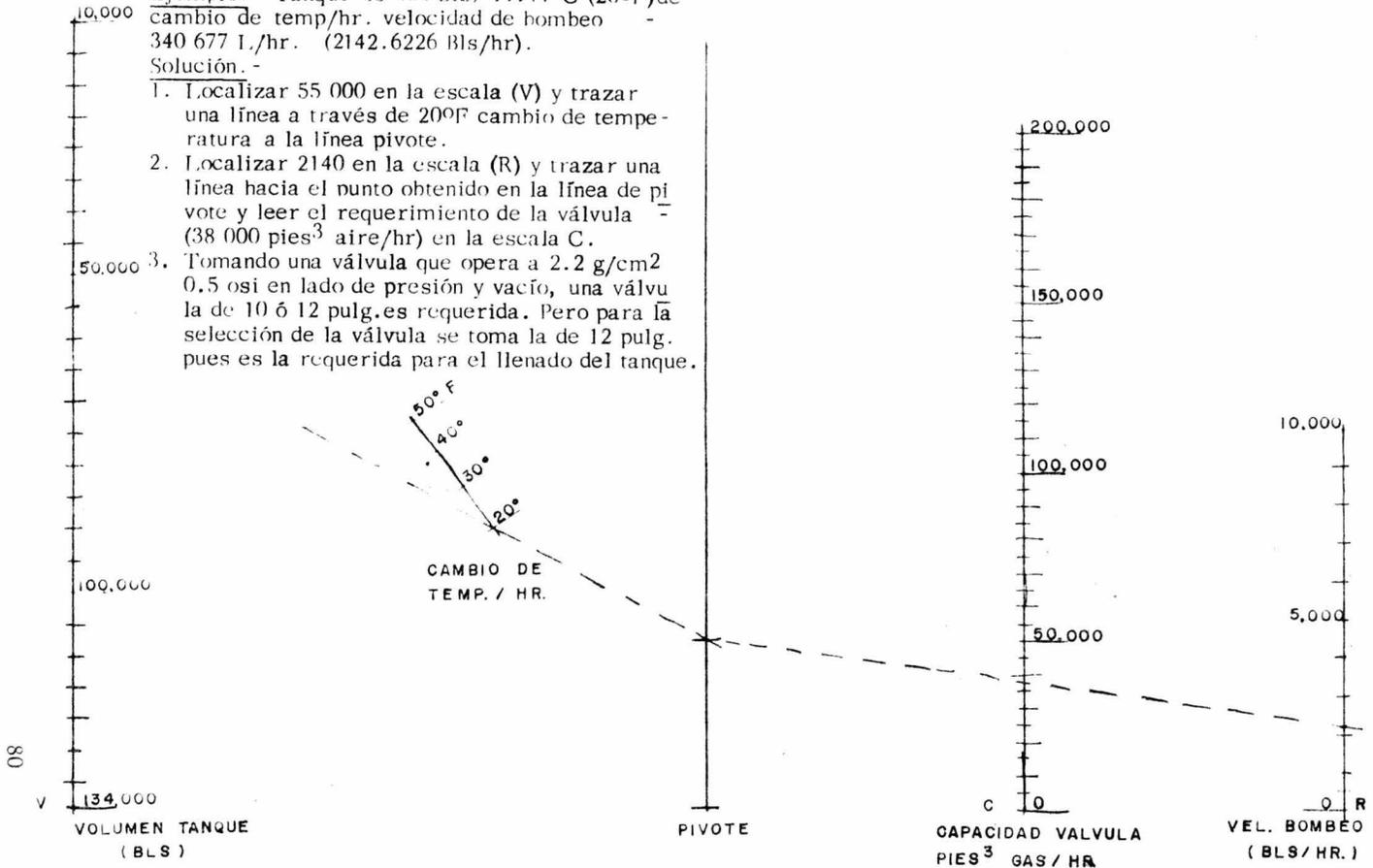
A continuación se hace el cálculo del número de válvulas necesarias pa
ra la operación de los tanques TV-1, TV-2 que almacenan Diesel, de--
terminando el número de válvulas, usando como ejemplo los dos mono--
gramas que resuelven las fórmulas 1 y 2 descritas anteriormente.

PRODUCTOS VOLATILES...LADO VACIO

Esta gráfica resuelve la ecuación No. 2.
 Ejemplo. - Tanque 55 000 Bls; 11.11°C (200°F) de
 cambio de temp/hr. velocidad de bombeo -
 340 677 l./hr. (2142.6226 Bls/hr).

Solución. -

1. Localizar 55 000 en la escala (V) y trazar una línea a través de 200°F cambio de temperatura a la línea pivote.
2. Localizar 2140 en la escala (R) y trazar una línea hacia el punto obtenido en la línea de pivote y leer el requerimiento de la válvula (38 000 pies³ aire/hr) en la escala C.
3. Tomando una válvula que opera a 2.2 g/cm² 0.5 osi en lado de presión y vacío, una válvula de 10 ó 12 pulg. es requerida. Pero para la selección de la válvula se toma la de 12 pulg. pues es la requerida para el llenado del tanque.



Calculando de las formas anteriores las necesidades de venteos en los tanques TV-6 y TV-7, obtendremos lo siguiente :

Tanque	VENTEO POR OPERACION				Número y tamaño de las válvulas de presión a vacío con arrestador de flama, Varec Fig.2000 del tipo que empieza a operar a 2.2 g/cm^2 (0.5 OSI), montadas al techo por medio de boquillas de igual tamaño Varec Fig. 120
	DESFOGUE (M)		ADMISION (N)		
	$\frac{\text{m}^3 \text{ aire}}{\text{hr.}}$	$\frac{\text{pies}^3 \text{ aire}}{\text{hr.}}$	$\frac{\text{m}^3 \text{ aire}}{\text{hr.}}$	$\frac{\text{pies}^3 \text{ aire}}{\text{hr.}}$	
TV-1	2057.4158	72654.3	1076.0795	38 000	Una de 30.48 cm. (12 pulg)
TV-2	2057.4158	72654.3	1076.0795	38 000	Una de 30.48 cm. (12 pulg)
TV-3	1019.6972	36008.954	635.1843	22430.503	Una de 25.4 cm. (10 pulg)
TV-4	1019.6972	36008.954	635.1843	22430.503	Una de 25.4 cm. (10 pulg)
TV-5	1019.6972	36008.954	635.1843	22430.503	Una de 25.4 cm. (10 pulg)
TV-6	445.6385	15737	368.1324	13 000	Una de 15.24 cm. (6 pulg)
TV-7	525.8347	18569	198.2251	7 000	Una de 15.24 cm. (6 pulg)

2. - DISPOSITIVOS DE PROTECCION PARA EL SISTEMA HIDRAULICO EN EL MANEJO DE PRODUCTOS COMBUSTIBLES. -

Las bombas centrífugas que movilizan los productos derivados del petróleo a través de las tuberías de conducción, así como dichas tuberías y dispositivos de distribución de productos requieren de protección a causa de :

La presión que se genera cuando existe alguna bomba en la operación de distribución de productos por medio de llenaderas de autos tanque, carros tanque o tambores y dentro de la operación se presentan intermedios en los cuales es necesario cambiar de posición las unidades que se están surtiendo de productos o en el momento en que dichas unidades han llenado su capacidad y se retiran; en dichos momentos no se desaloja el volumen de producto que movilizan las bombas, ya que se cierran los dispositivos de llenado y las bombas continúan en operación; esto trae consigo una presión que puede causar el desajuste de dichos equipos.

La presión que se puede llegar a generar al estar las tuberías de conducción cargadas con productos de bajas presiones de vapor al ocurrir cambios de temperatura lo cual puede transformarse en un desalineamiento de las tuberías.

Para controlar los riesgos anteriormente indicados y eliminar así

las condiciones peligrosas que podrían transformarse en accidentes se determinan los siguientes dispositivos de seguridad.

2.1 Válvulas de Relevo.-

Se aplican en nuestro caso para protección de tuberías que durante los tiempos muertos quedan cargadas con productos, la tubería que se protege es la que queda entre válvulas de bloqueo, la finalidad de la válvula de relevo en este caso es contrarrestar los efectos de expansión del líquido que se produce al haber aumento de temperatura, ya que el coeficiente de expansión del material de la tubería, por lo que el volumen del líquido es mayor que el volumen disponible de la línea y dicha diferencia de volumen es la que releva la válvula.

Para determinar las características de las válvulas de relevo se aplican los criterios enmarcados en el catálogo "Consolidated Safety Relief Valves" que a continuación se reproducen.

Aplicando la fórmula del 25.1 de sobrepresión que es la recomendada para el servicio líquido, tendremos :

$$A = \frac{Lgm}{27.2} \frac{\sqrt{\text{Sp.Gr.}}}{\sqrt{P}}$$

En donde :

A = Area del orificio en pulg.²

Lgm = Capacidad requerida de líquido en GPM

Sp.Gr. = Densidad relativa del líquido.

P = Presión de calibración diferencial en PSI.

Considerando que los productos que transportan las líneas, tienen densidades relativas muy cercanas entre sí y la cantidad requerida del líquido para relevar es muy pequeña, se hace un cálculo general para encontrar las características de las válvulas.

El volumen a relevar de líquido se encuentra en un rango de 15 a 20 GPM, para fines de cálculo se elige el valor más alto, asimismo se elige el valor máximo de densidad relativa de los productos.

Producto	Densidad a 20°C		Densidad Relativa
	g/ml	Lb/pie ³	
Pemex Extra	0.720	44.95	0.72
Pemex Nova	0.721	45.01	0.72
Diesel	0.850	53.06	0.85
Diáfano	0.750	46.82	0.75

Substituyendo los datos en la fórmula y considerando una presión de calibración de 80 PSIG tendremos :

$$A = \frac{20}{27.2} \sqrt{\frac{0.85}{80}}$$

$$A = \frac{20 \times 0.9219}{27.2 (8.944)}$$

$$A = 0.075 \text{ pulg}^2$$

Con el área calculada se selecciona una válvula tipo 1975 del mencionado catálogo con una área de orificio de 0.06 pulg² y las siguientes características :

Modelo Consolidated Serie 1975

Conexión C (roscada; macho-hembra)

Entrada : 3/4"Ø

Salida : 1"Ø

Material del cuerpo : Acero

Asiento : S. S. 304

Disco : S. S. 304

Guía : S. S. 430

Resorte : Acero al carbón

Bonete : Roscado

Flujo a manejar : Hidrocarburos

Densidad relativa: 0.72 a 0.85

Viscosidad : 0.6 a 0.7 c.p. (25°C)

Presión de calibración: 80 psig

Acumulación : 10 %

Area de orificio calculada : 0.075 pulg²

Area de orificio seleccionada : 0.06 pulg²

2.2 Válvulas de Recirculación.-

Se seleccionan para protección de los dispositivos de llenado, así como para proteger las bombas cuando están en operación y se cierra la salida de producto a través de las llenaderas; estas válvulas se instalan interconectadas con la tubería de descarga y de succión de las bombas.

Para determinar las características de las válvulas de recirculación, se calcula el Factor C_V , según las características de cada bomba y encontrando dicho factor se selecciona el tamaño de las válvulas de acuerdo a los criterios del boletín No. 698A de la Compañía Brodie, Serie 500, los cuales se ilustran a continuación:

FACTOR C_V	86	186	309	688	1296	2040	2920	5360
Ø de la válvula en pulg.	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	16"

Para determinar el valor de C_V se usa la fórmula :

$$C_V = Q \sqrt{\frac{\text{Sp. Gr.}}{P}}$$

En donde :

C_V = Coeficiente de flujo.

Q = Gasto máximo a través de la válvula en GPM

Sp.Gr. = Densidad relativa del líquido.

P = Caída de presión a través de la válvula = 10 PSI mínimo

para tener completamente abierta la válvula para criterio de cálculo se toman 20 PSI.

A continuación se hace el cálculo para seleccionar el tamaño de la válvula de recirculación de la bomba BCV-301A de 600 GPM que moviliza Pemex Nova, considerando que la densidad relativa de este líquido es 0.72, y sustituyendo los datos en la fórmula a usar, tendremos :

$$CV = 600 \sqrt{\frac{0.72}{20}}$$

$$CV = 113.84$$

Con el valor calculado de CV, se consulta la tabla anterior y encontramos que el tamaño requerido de la válvula es de 2 pulg. de diámetro.

A continuación se enlistan el tamaño de las válvulas para cada bomba, las cuales se determinaron con la misma secuencia de cálculo.

Bomba	Presión Descarga Psig.	Producto	Capacidad (GPM)	Sp.Gr.	CV	Diámetro válvula (pulg)
BCV-301A	28	P. Nova	600	0.72	113.84	2
BCV-301B	28	P. Nova	600	0.72	113.84	2
BCV-302A	28	P. Nova	600	0.72	113.84	2
BCV-302B	28	P. Nova	600	0.72	113.84	2
BCV-303A	28	P. Extra	350	0.72	66.40	2
BCV-304A	30	Diáfano	350	0.75	67.77	2
BCV-305A	30	Diesel	900	0.85	185.53	2
BCV-305B	30	Diesel	900	0.85	185.53	2

Características de las válvulas de recirculación :

Marca : Brodie, Serie 500 ó similar
(Reguladora de contra-presión)

Presión de Diseño: Máx. 230 Psig.

Presión Entrada : 35 Psig.

Diferencial : 20 PSI

Materiales. -

Cuerpo : Acero

Pistón : Bronce

Cilindros : Hierro dúctil

Soporte de la válvula : Acero inoxidable

Conexiones : Bridas de acero, 150#, ASA, RF

3.- EQUIPO ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS.-

Debido a la naturaleza de los productos que se transportan, almacenan y trasvasan en la Planta, existen en ella determinadas áreas que deben considerarse como peligrosas para equipos eléctricos normales.

3.1 Clasificación de las Areas Peligrosas.-

De acuerdo con el Código Nacional Eléctrico Norteamericano, éstas áreas peligrosas se clasifican en 3 clases.

CLASE I Son las áreas cuya atmósfera está o puede estar saturada con gases o vapores inflamables en cantidades suficientes como para producir mezclas explosivas o inflamables.

CLASE II Son las áreas en que están o pueden estar presentes polvos combustibles.

CLASE III Son las áreas en que están o pueden estar presentes fibras o materiales inflamables que flotan fácilmente en el aire, pero que no se encuentran en tal proporción que puedan considerarse capaces de producir mezclas inflamables.

Cada una de estas clases se subdivide a su vez en Divisiones 1 y 2.

Por lo anterior, se advierte que la Planta Terminal pertenece a la CLASE I, por lo que a continuación se enuncian únicamente las Di-

visiones 1 y 2 de la misma.

División 1.- Son los lugares en que existen continúa, intermitente o periódicamente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables en condiciones normales de operación, o durante trabajos de mantenimiento. En esta división se incluyen también las áreas en las que una falla del equipo o de operación, puede ocasionar concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente fallas en el equipo eléctrico (tales como arcos, chispas, sobrecalentamiento, etc.)

División 2.- Son los lugares en que se manejan, se procesan o se utilizan líquidos o gases inflamables, que normalmente se encuentran confinados en sistemas o recipientes cerrados y solamente pueden escapar por rotura de aquellos. Áreas en las que las concentraciones peligrosas de gases o vapores son normalmente controladas por ventilación mecánica positiva, pero que pueden ser peligrosas por falla u operación anormal del equipo de ventilación. También se incluyen en esta división los lugares adyacentes a las áreas de la clase I, y a los que se pueden extender ocasionalmente las concentraciones peligrosas de gases o vapores, a menos que dicha comunicación se evite mediante ventilación forzada, con una fuente de aire limpio y protección contra fallas en el sistema, o bien por medio de dispositivos que desenergicen automáticamente el sistema eléctrico en caso de fallas en dicha ventilación.

3.2 Clasificación de Areas Peligrosas en la Clase I. -

- 3.2.1 Las trincheras, zanjas y en general las depresiones del piso donde puedan acumularse vapores más pesados que el aire, dentro de áreas de la División 2, deben considerarse como áreas de la División 1 los espacios bajo techo carentes de ventilación forzada o natural.
- 3.2.2 Las localidades peligrosas pertenecientes a la División 1, deben rodearse en cualquier plano vertical de una área de la División 2 que comprenderá hasta 3 m. de distancia en cualquier dirección, además de una franja de 8 m. de altura a partir del piso que llegará hasta 15 m. de distancia de la fuente de peligro, y finalmente otra franja de 60 cm. de altura sobre el piso que llegará hasta 30 m. de dicha fuente de peligro.
- 3.2.3 Las fuentes de peligro en sitios libremente ventilados originan una área cuadrangular peligrosa de la División 2 en el plano vertical, que se extenderá 8 m. hacia arriba y hacia los lados, a partir de la fuente de peligro, más - otra área en el mismo plano que se extenderá horizontalmente hasta 15 m. de la fuente de peligro y verticalmente hasta 8 m. de altura sobre el piso. Finalmente una área de 60 cm. de altura que se extenderá horizontalmen

te hasta 30 m. de la fuente de peligro.

- 3.2.4 Cuando la fuente de peligro consiste en un escape de consideración, por ejemplo la salida de vapores en los registros abiertos de los tanques de almacenamiento de productos ligeros, además de lo enumerado en los párrafos anteriores, deberá considerarse que existe una área de la División 1 en cualquier plano vertical que se extenderá hasta 1.5 m. de la fuente de peligro.
- 3.2.5 Los volúmenes de la División 2 que rodeen a las fuentes de peligro, cuando existan muros o construcciones circundantes de éstas, llegarán hasta la altura del muro o construcción de menor altura. Por ejemplo, los tanques de almacenamiento de productos que desprendan vapores inflamables, están rodeados de un volumen de la División 2 cuyas dimensiones están dadas por la altura del dique y el perímetro de éste.
- 3.2.6 Durante las operaciones de llenado de autos tanque existe en cualquier plano vertical una área de la División 1 hasta una distancia de 1 m. de los registros abiertos; además se considerará una área de la División 2 hasta una área de 1.5 m. de dichos registros.
- 3.2.7 Las fuentes de peligro en locales ventilados, por ejemplo empaques de bombas, o juntas de medidores, y otros dispositivos si

milares para el manejo de productos que desprendan vapores inflamables, debe considerarse una área peligrosa de la División 2 que en el plano vertical se extenderá hasta 1.5 m. de la superficie exterior del dispositivo, agregándole una área de la misma División de 1 m. de altura extendida horizontalmente hasta 8 m. de distancia de la superficie del dispositivo. Cuando la ventilación sea inadecuada, las áreas mencionadas deben considerarse incluidas en la División 1 y estarán rodeadas por una área de la División 2, extendida a 3 m. de la superficie exterior del aparato o dispositivo y horizontalmente hasta 15 m. de la superficie mencionada y una altura de 1.5 m. sobre el nivel del piso, así como hasta 30 m. con una altura de 60 cm. también a partir del piso.

- 3.2.8 En el caso de los tanques de almacenamiento de productos inflamables, además de las disposiciones contenidas en párrafos anteriores, deberá cumplirse con los siguientes requisitos :
- a) Desde la superficie exterior del tanque hasta una distancia de 3 m. en todas direcciones, se considerará una área de la División 2.
 - b) Cualquier registro, respiradero o boca abierta del tanque da origen a una área de la División 1 hasta una distancia de 1.5 m. en cualquier dirección.

3.2.9 Los locales utilizados para reparar los autos tanque, se considerarán pertenecientes al área de la División 2 hasta una altura de 50 cm. del piso en toda su extensión.

3.2.10 Los edificios para oficinas, servicios, cuartos de interruptores, y en general todos aquellos en los que no exista liberación de vapores inflamables, que se encuentran fuera de los límites de las áreas definidas anteriormente como peligrosas, deben considerarse como áreas no peligrosas.

3.3 Tipos de Equipo.-

3.3.1 Equipo a Prueba de Explosión.-

El equipo especificado más adelante como a prueba de explosión, es el que se encuentra encerrado en un compartimiento capaz de soportar una explosión de gas o vapor que pueda ocurrir en el interior, evitando la ignición del gas o vapor que lo rodea en el exterior, y enfriando las chispas o gases que salgan. Está construido de manera que su temperatura exterior no pueda encender la atmósfera inflamable que existe a su alrededor. El equipo de este tipo debe contar con una placa en la que se especifique haber sido aprobado como a prueba de explosión.

3.3.2 Instalaciones en Areas de la División 1.-

En estas áreas, las instalaciones y el equipo eléctrico deben ser a prueba de explosión. Las instalaciones de alumbrado y de fuerza deben hacerse de tubo conduit rígido metálico roscado, contar con sellos apropiados para impedir el paso de gases a través de la tubería; estos sellos se colocarán en todos los tubos que se conecten a cajas que contengan dispositivos capaces de producir arco eléctrico o altas temperaturas, en tubos de 51 mm de diámetro o más, a una distancia no mayor de 50 cm. de la caja, y en las tuberías que salgan del área de la División 1, en el límite de ésta.

Los receptáculos y clavijas de los aparatos o instrumentos contarán con un medio para conectar el conductor de tierra del cable.

3.3.3 Instalaciones en Areas de la División 2.-

Los receptáculos, clavijas, extensiones de alumbrado, y todo el equipo que posea contactos o dispositivos capaces de producir arco eléctrico o altas temperaturas, deben ser a prueba de explosión. Los interruptores y equipo de control que dispongan de contactos o dispositivos destinados a interrumpir el paso de la corriente eléctrica,

no necesitan ser a prueba de explosión cuando la interrupción se efectúe dentro de una cámara herméticamente cerrada o los contactos se encuentren sumergidos en aceite. Las lámparas de alumbrado y la instalación eléctrica deben ser a prueba de vapor, (este equipo es similar al de a prueba de explosión, pero menos robusto), y se empleará tubo conduit rígido metálico roscado. Los motores y transformadores que carezcan de dispositivos capaces de producir arco eléctrico o altas temperaturas, pueden ser de cualquier tipo.

- 3.3.4 Deben instalarse sellos apropiados en las tuberías que salgan del área de la División 1 en el límite de ella, y en las que pasan de una área de la División 2 a otra considerada como no peligrosa en el límite que las separa.
- 3.3.5 Los ductos eléctricos enterrados deberán ser de tubo conduit rígido metálico, pero pueden no serlo en las áreas no peligrosas siempre y cuando se entierren a 60 cm. del nivel del piso. Cuando se usen ductos no metálicos deberá instalarse un conductor adicional de tierra para proporcionar la continuidad del sistema a tierra.
- 3.3.6 Las partes metálicas no conductoras de corriente de los equipos eléctricos, tales como cuerpos de motores, cajas de interruptores,

bastidores, tubos conduit, etc., deberán ser conectados a tierra.

También se deben conectar a tierra los tanques de almacenamiento y las estructuras y tuberías de las llenaderas de autos y carros tanque, así como éstos en el momento de ser cargados, para evitar descargas de electricidad estática que pueden ocasionar serios accidentes.

3.4 Dispositivos de Protección en Equipo Eléctrico.-

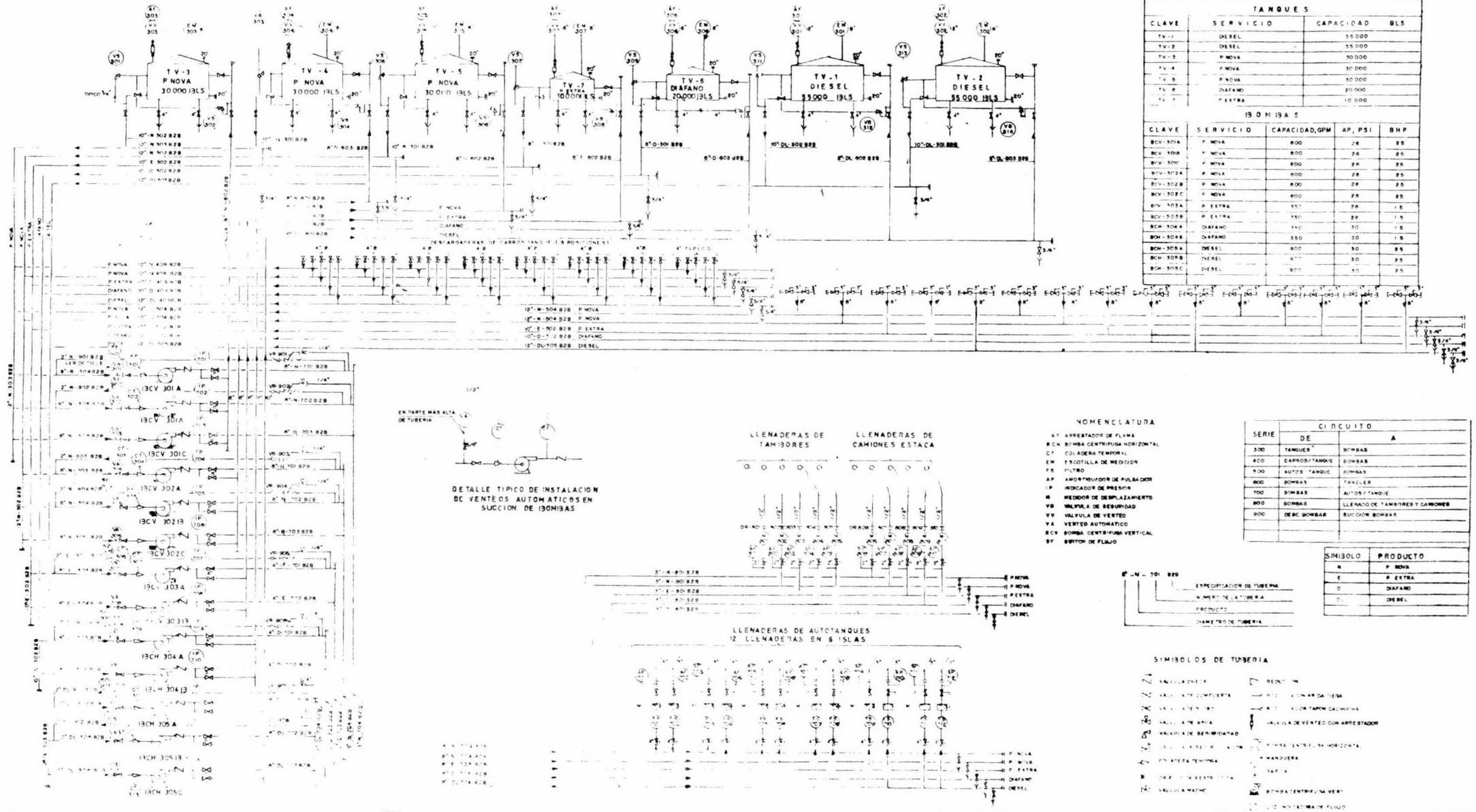
El sistema eléctrico de la Planta, debe contar con dispositivos que interrumpan el paso de la corriente a los equipos que tengan fallas, con el fin de evitar que se dañen los mismos y provoquen algún incendio en la Planta.

4.- DIQUES DE CONTENCIÓN.-

Con objeto de evitar que los posibles derrames de los tanques de almacenamiento se extiendan a otras áreas, existirán muros de contención de acuerdo con los siguientes lineamientos.

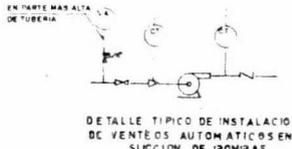
- a) La capacidad volumétrica de los muros de contención, será igual al volumen del tanque mayor contenido dentro del dique, más el volumen de los demás tanques que estén por debajo de la altura del muro.

- b) Los muros deben ser herméticos, construirse de concreto y soportar la carga hidrostática del líquido.
- c) La altura máxima del dique sobre el nivel del piso no debe ser mayor de 1.83 m. y el área contenida deberá contar con drenaje adecuado y válvulas de compuerta que normalmente se encontrarán cerradas.



TANQUES		
CLAVE	SERVICIO	CAPACIDAD BLS
TV-1	DESEL	35 000
TV-2	DESEL	35 000
TV-3	P. NOVA	30 000
TV-4	P. NOVA	30 000
TV-5	P. NOVA	30 000
TV-6	DIAFANO	20 000
TV-7	P. EXTRA	10 000

BOMBAS				
CLAVE	SERVICIO	CAPACIDAD, GPM	AP, PSI	BHP
BCV-301A	P. NOVA	800	28	2.8
BCV-301B	P. NOVA	800	28	2.8
BCV-301C	P. NOVA	800	28	2.8
BCV-302A	P. NOVA	800	28	2.8
BCV-302B	P. NOVA	800	28	2.8
BCV-302C	P. NOVA	800	28	2.8
BCV-303A	P. EXTRA	350	28	1.8
BCV-303B	P. EXTRA	350	28	1.8
BCV-304A	DIAFANO	350	30	1.8
BCV-304B	DIAFANO	350	30	1.8
BCV-305A	DESEL	800	30	2.8
BCV-305B	DESEL	800	30	2.8
BCV-305C	DESEL	800	30	2.8



LLENADERAS DE TANIBORES LLENADERAS DE CAMIONES ESTACA



LLENADERAS DE AUTOTANQUES 12 LLENADERAS EN 6 ISLAS



- NOMENCLATURA**
- AT ARRESTADOR DE FLUJO
 - BCV BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL
 - CT COLADERA TEMPORAL
 - EM ESCOTILLA DE MEDICION
 - FR FILTRO
 - AP AMORTIGUADOR DE PULSACION
 - IP INDICADOR DE PRESION
 - M MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO
 - VB VALVULA DE SEGURIDAD
 - VV VALVULA DE VERTIDO
 - VA VERTIDO AUTOMATICO
 - BCV BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL
 - BF BRITON DE FLUJO

SERIE	CIRCUITO	
	DE	A
300	TANQUES	BOMBAS
400	CARROS/TANQUE	BOMBAS
500	AUTOS/TANQUE	BOMBAS
600	BOMBAS	TANQUES
700	BOMBAS	AUTOS/TANQUE
800	BOMBAS	LLENADO DE TANIBORES Y CAMIONES
900	DESEL BOMBAS	SUCCION BOMBAS

SIMBOLO	PRODUCTO
N	P. NOVA
E	P. EXTRA
D	DIAFANO
DE	DESEL

- SIMBOLOS DE TUBERIA**
- VALVULA CHECK
 - VALVULA DE VENTIDA
 - VALVULA DE VENTIDA CON ARRESTADOR
 - VALVULA DE SEGURIDAD
 - VALVULA DE VERTIDO
 - VALVULA DE VERTIDO CON ARRESTADOR
 - BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL
 - MANUJERA
 - TUBERIA
 - BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL
 - LINEA DE VENTIDA

TESIS PROFESIONAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA
JESUS GUILLERMO LEON FELIX

TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION
QUERETARO, QRO.
DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO
SIM ESC.

PLANO 2

5.- LISTA DE MATERIALES.-

Partida	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
12	2	Pza.	Válvulas de venteo, con arrestador de flama de aluminio marca Varec o similar. Materiales : Cuerpo : Fierro Tapa : Acero Conexión bridada de 150 # F.F Tamaño 6 pulg. de \emptyset	7,687.50	15,375.00
13	3	Pza.	Idem a lo anterior, pero de 10 pulg. de \emptyset .	14,312.50	42,937.50
14	2	Pza.	Idem a lo anterior, pero de 12 pulg. de \emptyset .	18,750.00	37,500.00
15	14	Pza.	Válvulas de relevo Consolidated o similar Tipo 1975 Conexión roscada Entrada 3/4" \emptyset macho Salida 1" \emptyset hembra	1,250.00	17,500.00
16	8	Pza.	Válvula de recirculación marca Brodie, serie 500 ó similar. Materiales : Cuerpo : Acero Pistón : Bronce Cilindros : Hierro dúctil Conexiones : Bridas de - acero 150#, ASA, RF. Tamaño 2 pulg. de \emptyset .	12,500.00	100,000.00
			T O T A L :		213,312.50

C A P I T U L O V I

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO Y CALCULO DEL SISTEMA SEMIFIJO DE ESPUMA MECANICA PARA PROTECCION DE TANQUES VERTICALES DE ALMACENAMIENTO.

En la actualidad existen diferentes clases de sistemas de protección contra incendio para las diferentes áreas de una Planta como la que se trata en este trabajo. Sin embargo, a continuación enunciamos los sistemas que básicamente se emplean en la protección contra incendio de los tanques de almacenamiento, ya que teniendo seleccionado el tipo de protección para dichos tanques, podremos tener de ésta derivaciones que se podrán usar para la protección de las otras áreas de trabajo de la Planta. Asimismo, en este capítulo se calculan los requerimientos del sistema semifijo de espuma mecánica para protección contra incendio de los tanques.

Cabe hacer notar que el componente principal del sistema semifijo de espuma es el agua; y en el siguiente capítulo se hace el cálculo de la red contra incendio por medio de la cual podremos suministrar el agua en las instalaciones donde se requiera.

1.- SISTEMAS DE ESPUMA .-

Estos sistemas se utilizan para extinguir fuegos de las clases A y B, principalmente en tanques de almacenamiento de líquidos inflamables, en áreas donde puedan ocurrir derrames de dichos líquidos y en almacenes de los mismos productos envasados. Las áreas descritas anteriormente son las que tenemos presentes en la Planta sobre la cual se desarrolla el presente trabajo y por esta razón se seleccionan los sistemas de espuma. Existen dos clases de espumas: la química y la mecánica, las cuales fueron descritas en el capítulo III.

1.1 Sistemas Fijos de Espuma.-

Los sistemas fijos para generar espuma mecánica o química 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, donde se producirá la espuma a través de sus respectivos formadores de espuma fijos.

En la casa central se encuentra el depósito para el líquido espumador en caso de tener el sistema para espuma mecánica, y la dotación de polvo en caso de contar con el sistema para espuma química, los proporcionadores de líquido espumante cuando se cuenta -

con el sistema de espuma mecánica, o el generador de espuma - cuando se cuenta con el sistema de espuma química y las bombas de agua.

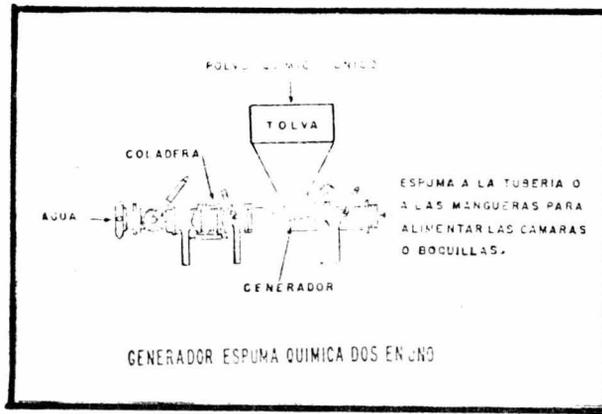
En la "casa de espuma" generalmente está instalado un tablero - con instrucciones de operación del sistema contra incendio con que se cuente, las características de las bombas y un diagrama de las instalaciones que indique la posición de las válvulas de control con la nomenclatura de éstas.

Los sistemas fijos de espuma pueden ser manuales o automáticos. Generalmente se destinan a la protección de lugares de grandes di mensiones que estén o puedan quedar cubiertos con líquidos infla- mables. Muy principalmente se emplean en tanques, fosas de - asentamiento de aceite, en fin, depósitos que deban quedar cubier- tos de espuma en toda su superficie, para extinguir el fuego.

1.2 Componentes Principales de los Sistemas Fijos de Espuma.-

1.2.1 Generador de Espuma Química Dos en Uno.-

El generador de espuma química dos en uno que se ilustra en la figura, es un aparato que se usa intercalándose entre dos mangu ras o entre dos tramos de tubería según el caso, incorpora el - polvo al flujo de agua por succión a través de una tolva, produ- ciéndose la espuma en la propia salida del generador para descar



garla por una boquilla o una cámara de espuma química.

1.2.2 Proporcionador en Línea.-

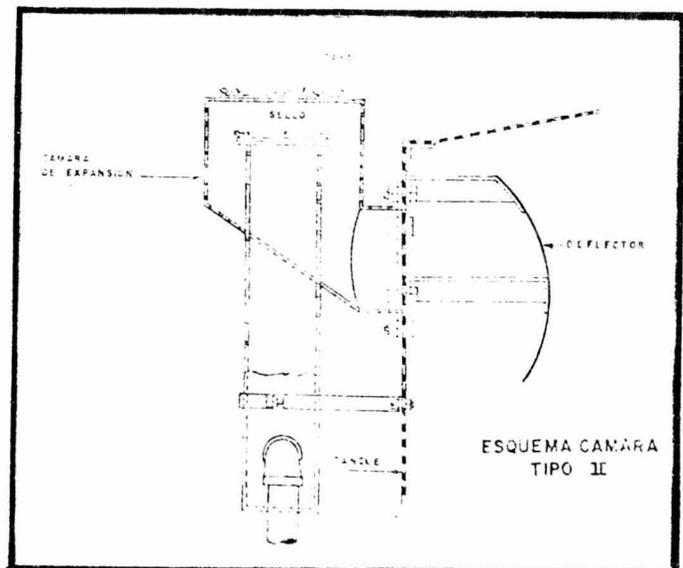
Este aparato es uno de los más comunes para adicionar el líquido espumante a una corriente de agua a presión con objeto de producir la espuma mecánica. Consiste en un venturi, el cual hace un vacío y succiona el líquido espumante a través de una manguera, tiene conexiones en los extremos similares a las mangueras, y para hacerlo funcionar se coloca entre dos de ellas, o bien entre dos tramos de tubería, obteniéndose la mezcla de agua y líquido espumante. (Se ilustra en la figura del Sistema Portátil).

1.2.3 Cámara de Espuma Mecánica.-

Es un aparato utilizado para formar e introducir espuma mecánica al tanque de almacenamiento por proteger, se instala permanentemente en la parte exterior y superior del mismo, con un sello para evitar la fuga a través de la cámara de los vapores del líquido inflamable almacenado.

Existen dos clases de cámaras : la tipo I y la II; las primeras se utilizan para proteger tanques de almacenamiento de solventes polares como el alcohol, cetonas, ésteres, etc. Esta cámara consta de un formador de espuma, una placa de orificio, un sello, un manguerote, generalmente de asbesto llamado "tubo moeller", enrollado en el interior de la cámara, que al ponerla en operación se desenrolla, rompiendo el sello y deposita la espuma sobre la superficie del líquido.

Las cámaras tipo II son las utilizadas para proteger tanques que almacenan productos derivados del petróleo : 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 sobre la superficie del líquido.

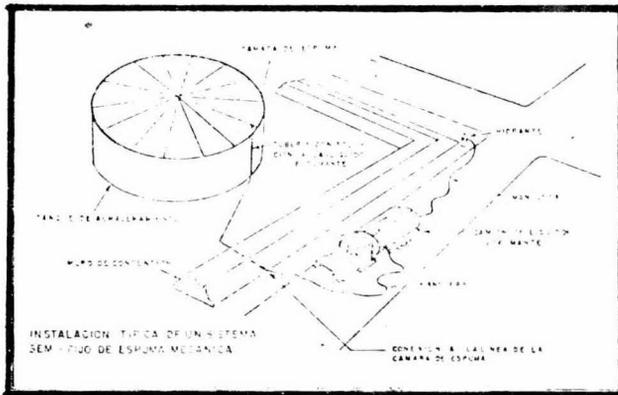


1.3 Sistemas Semifijos de Espuma Mecánica.-

Los sistemas semifijos de espuma se caracterizan por su versatilidad, ya que en el momento de sofocar un incendio se utiliza espuma mecánica por un frente y agua por cualquier otro. Estos sistemas se usan en lugares donde se necesita de los dos medios de protección descritos anteriormente, tales como una refinería y en instalaciones cuya superficie, no es muy extensa.

Este sistema difiere del sistema fijo en que en este tipo de protección, sólo los lugares seleccionados para protegerse con espuma tienen sus instalaciones correspondientes; dichos lugares en este trabajo son los tanques de almacenamiento.

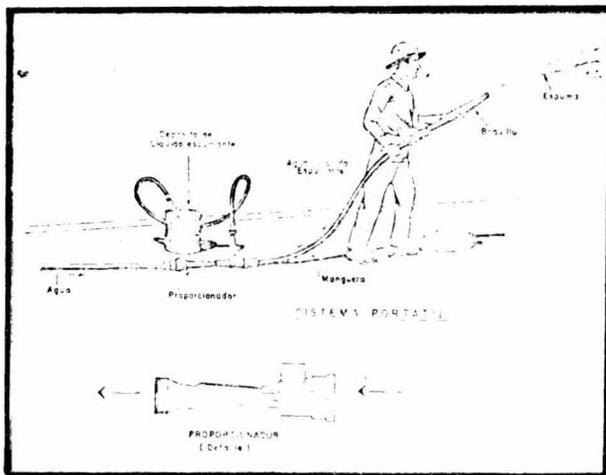
La característica principal de este sistema es que para proporcionar espuma al lugar a proteger, es necesario transportar un remolque (llamado unidad móvil) o un camión, el cual tiene un depósito almacenador de líquido espumante y proporcionadores de línea, los cuales funcionan al tener flujo de agua a presión, la cual es tomada de la red contra incendio, por medio de mangueras conectadas a hidrantes. Al operar esta unidad móvil en el flujo de descarga, se tiene la mezcla de agua-líquido espumante, la cual se alimenta por medio de mangueras conectadas en las tuberías que comunican a la instalación para proteger, en la cual se le suministrará el aire necesario para la formación de la espuma.



1.4 Sistemas Portátiles para Espuma Mecánica.-

Los sistemas portátiles se usan como auxiliares de los sistemas fijos y semifijos, así como para la protección a tanques horizontales, tanques con techo flotante, tanques verticales de poca capacidad y en general en incendios de los derrames de líquidos inflamables.

Este sistema consta de mangueras que se conectan a hidrantes de agua contra incendio, de boquillas generadoras de espuma o proporcionadores de línea de líquido espumante, que succionan el líquido espumante de pequeños recipientes o latas que se transportan al lugar requerido en el momento de ocurrir el incendio.



2. - CALCULO DEL SISTEMA SEMIFIJO DE ESPUMA MECANICA PARA PROTECCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

El sistema semifijo de espuma mecánica se selecciona para la protección de los tanques de almacenamiento debido a la versatilidad que tiene, lo cual se refleja en el aspecto económico, pues para sofocar un incendio se necesita atacar directamente el tanque por medio de su instalación contra incendio y por mangueras que se usan como medio enfriante de la envolvente del tanque, así como para imponer una cortina de agua, la cual se usa para disminuir la transferencia de calor hacia los lugares aledaños. Esto en un sistema fijo se haría gastando líquido espumante en mayor proporción, y en el sistema que se selecciona sólo se gasta el necesario para la instalación del tanque.

2.1 Requerimientos del Sistema de Espuma Mecánica. -

2.1.1 El tanque de almacenamiento debe contar con una cámara de espuma por cada 465 m^2 (5000 pies^2) del área por proteger.

2.1.2 Se debe aplicar por cada metro cuadrado, la espuma resultante de la mezcla de 4.072 litros agua/min., o sea (1 galón de agua/min. por cada 10 pies^2).

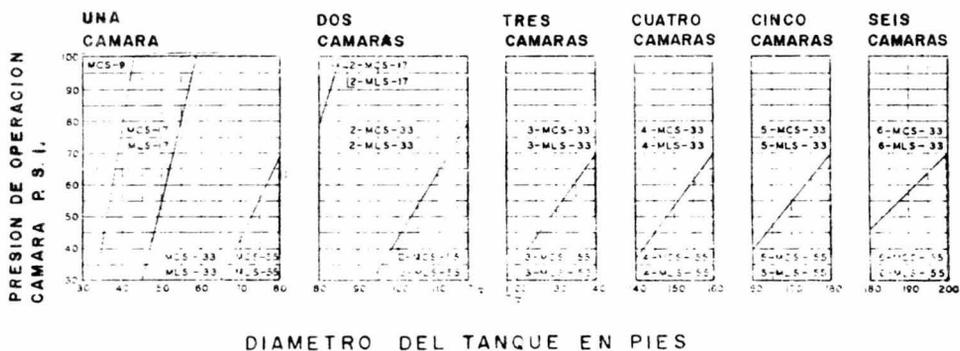
- 2.1.3 La espuma debe ser del tipo protéico y en concentración al 3 %.
- 2.1.4 La presión mínima para operar en las cámaras es de 2.1092 - - Kg/cm^2 (30 PSI).
- 2.1.5 Las especificaciones de la tubería son las mismas que las de la red de agua contra incendio, ~~dados en el punto 1.4 del capítulo VII.~~
- 2.1.6 La pérdida de energía se calcula por la fórmula de Darcy.
- 2.1.7 Debe contarse con dotación de agua y líquido espumante protéico al 3 %, para 30 minutos en los líquidos con temperatura de inflamación menor de 60°C (140°F) Diesel, Diáfano, Contaminado, Pemex Extra y Pemex Nova.
- 2.1.8 Las tuberías que conecten a las cámaras de espuma deberán llegar hasta la orilla exterior del dique de contención, de preferencia por donde pase un camino: en este extremo la tubería deberá tener una conexión hembra giratoria de 6.35 cm. de ϕ (2.5 pulg. ϕ) con rosca para manguera. Estas líneas deberán correr a ras del suelo sobre soportes de concreto hasta el pie del tanque. El diámetro de la tubería será de acuerdo con la cantidad de espuma que se deba proporcionar a cada toma según la superficie del tanque y considerando una velocidad razonable entre 1.2 a 2.4 m/seg. (4 a 8 pies/seg).

2.2 Determinación del Gasto de Agua y Gasto de Líquido Protéico al 3%, Necesarios para la Protección Contra Incendio de cada Tanque.-

Tanque	Diámetro		Area = $\frac{\pi D^2}{4}$		Gasto de agua $Q=4.072 \text{ L/min/m}^2$		Gasto Líquido protéico al 3% $q = 0.03 Q$		Gasto de la solución $Q^1 = Q + q_1$	
	m	pies	m ²	pies ²	L/min.	GPM	L/min.	GPM	L/min.	GPM
TV-1	30.480	100	729.66	7851.14	2971.18	785.11	89.14	23.55	3060.32	808.66
TV-2	30.480	100	729.66	7851.14	2971.18	785.11	89.14	23.55	3060.32	808.66
TV-3	22.352	73.33	392.39	4222.12	1597.81	422.21	47.93	12.67	1645.74	434.88
TV-4	22.352	73.33	392.39	4222.12	1597.81	422.21	47.93	12.67	1645.74	434.88
TV-5	22.352	73.33	392.39	4222.12	1597.81	422.21	47.93	12.67	1645.74	434.88
TV-6	18.287	60	262.65	2826.11	1069.51	282.61	32.09	8.48	1101.60	291.09
TV-7	12.954	42.5	131.80	1418.17	536.69	141.81	16.10	4.25	552.79	146.06

2.3 Determinación de las Cámaras de Espuma Tipo II para la Protección Contra Incendio de los Tanques.-

Para la selección del número y tipo de cámaras requeridas para cada tanque, se utilizan las gráficas ilustradas en el catálogo de la National Foam System y que a continuación se reproducen.



Aplicando las gráficas para nuestros ejemplos prácticos determinamos lo siguiente :

Tanque	Diámetro		Presión Operación Mínima en la Cámara		Modelo y números de cámaras Tipo II
	m	pies	$\overline{\text{Kg}}/\text{cm}^2$	PSI	
TV-1	30.480	100	2.1092	30	2 MCS - 55
TV-2	30.480	100	2.1092	30	2 MCS - 55
TV-3	22.352	73.33	2.1092	30	1 MCS - 55
TV-4	22.352	73.33	2.1092	30	1 MCS - 55
TV-5	22.352	73.33	2.1092	30	1 MCS - 55
TV-6	18.287	60	2.1092	30	1 MCS - 33
TV-7	12.954	42.5	2.1092	30	1 MCS - 17

2.4 Presión Necesaria en la Entrada de la Tubería de Alimentación a la Cámara de Espuma.-

Como se ha mencionado anteriormente, la presión de operación - mínima en las cámaras de espuma es de $2.1092 \overline{\text{Kg}}/\text{cm}^2$ (30 PSI) y para tener dicha presión debemos considerar la altura a la cual está instalada la cámara al tanque, así como la longitud total de tubería considerada hasta el punto de alimentación a las cámaras que se encuentra fuera del muro de contención. En ese punto es

donde se conecta la manguera de descarga de la unidad móvil y - en ese punto es donde se determina la presión mínima necesaria a la cual debe ser alimentada la mezcla de agua y líquido protéico al 3% para obtener la operación de la cámara de espuma.

Para el cálculo consideramos lo siguiente :

$$P_A = P_C + Hfs (f) + Z_c g/gc (f)$$

En donde :

- P_A = Presión mínima de alimentación a la cámara de espuma.
- P_C = Presión necesaria para la operación de la cámara de espuma e igual a $2.1092 \bar{K}g/cm^2$ (30 PSI).
- Z_c = Altura a la cual está instalada la cámara de espuma en el tanque de almacenamiento = 11.052 m.
- f = Densidad de la mezcla agua-líquido protéico al 3% (considerada como la densidad del agua a $20^{\circ}C$ ($68^{\circ}F$), debido a que la mezcla es 97% de agua en su composición) y el peso específico del líquido protéico es 1.12.
- g = Aceleración de la gravedad 9.81 m/seg^2 (32.2 pies/seg^2)
- gc = Factor de conversión 9.81 m/seg^2 ($32.174 \text{ lb-pie/lb-seg}^2$)
- Hfs = Pérdidas por fricción a través de la tubería de alimentación a la cámara de espuma, que serán calculadas por la ecuación de Darcy o usando el criterio ΔP_{100} .

Tomando como ejemplo la instalación en cualquiera de los tanques TV-3, TV-4 y TV-5 de Pemex Nova, tendremos lo siguiente :

$$\text{Gasto de la solución agua y líquido protéico} = Q^1 = 1645.74 \text{ l/min.} \\ (434.88 \text{ GPM})$$

Velocidad $v = 2.74 \text{ m/seg. (9 pies/seg)}$ Seleccionada mayor que la velocidad del agua en la red contra incendio que se determina en el siguiente capítulo. Debido a la toma de menor diámetro respecto al diámetro de la red contra incendio que se hace a dicha tubería de la red para alimentar a la cámara de espuma.

$$\text{Diámetro de la tubería} = D = \sqrt{\frac{\text{Superficie (4)}}{\pi}}$$

$$\text{Superficie} = S = \frac{Q^1}{v}$$

$$S = \frac{434.88 \text{ Gal/min (pie}^3/7.48 \text{ gal) min/60 seg.}}{9 \text{ pies/seg.}} = 0.11 \text{ pies}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{0.11 \text{ pies}^2 (4)}{\pi}} ; D = 0.37 \text{ pies} ; D = 0.37 \text{ pies} \frac{12 \text{ pulg}}{\text{pie}} = 4.44 \text{ pulg.}$$

$D = 10.16 \text{ cm. (4 pulg)}$ Nominal.

Para una tubería de 4 pulg. Ø Cédula 40, D interno = 0.3355 pies y

Area Transversal = 0.08840 pies^2 . . . La velocidad que se tomará para los cálculos será :

$$v = \frac{Q^1}{S} = \frac{434.88 \text{ Gal/min. (pie}^3/7.48 \text{ Gal) min/60 seg.}}{0.08840 \text{ pies}^2}$$

$$v = 10.97 \text{ pies/seg.}$$

Encontrando los términos faltantes de la ecuación establecida tendremos:

$$H_{fs} = \frac{f^1 v^2 L}{2 gc D} \quad \text{ecuación de Darcy}$$

en donde :

f^1 = Factor de fricción Darcy (función del Re (número de Reynolds) y ϕ interno)

V = Velocidad en pies/seg. = 10.97 pies/seg.

L = Considerando una longitud = 100 pies y así poder determinar las pérdidas por fricción por 100 pies.

gc = Factor de corrección = 32.174 lb-pie/lb-seg²

D = Diámetro interno de la tubería en pies = 0.3355 pies

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

ρ = Densidad del agua a 20°C (68°F) = 62.3052 lb/pies³

μ = Viscosidad del agua a 20°C (68°F) = 1 c.p.

$$\frac{6.72 \times 10^{-4} \text{ lb/pies-seg}}{\text{c.p.}} = 6.72 \times 10^{-4} \text{ lb/pies-seg.}$$

$$Re = \frac{0.3355 \text{ pies} (10.97 \text{ pies/seg}) 62.3052 \text{ lb/pies}^3}{6.72 \times 10^{-4} \text{ lb/pies-seg.}}$$

$$Re = 34.27 \times 10^4 \quad \text{y } \phi \text{ nominal } 4 \text{ pulg.} \quad f^1 = 0.0178$$

$$H_{fs} = \frac{0.0178 (10.97 \text{ pies/seg})^2 100 \text{ pies}}{2 (32.174 \text{ lb-pie/lb-seg}^2) 0.3355 \text{ pies}}$$

$$H_{fs} = 9.93 \text{ lb-pie/lb.}$$

$$H_{fs} \times \rho = 9.93 \text{ lb-pie/lb} \times 62.3052 \text{ lb/pie}^3$$

$$H_{fs} \times \rho = 618.69 \text{ lb/pie}^2 \text{ pie}^2/144 \text{ pulg}^2$$

$$\underline{\Delta P/100 = 4.30 \text{ lb/pulg}^2}$$

$$\Delta P = \Delta P/100 \times \text{Longitud equivalente}$$

Longitud equivalente = Longitud de tubería en tramos rectos + Longitud equivalente de los accesorios.

Accesorios	L/D	L/D x D int. = Long. equivalente del accesorio en pies
1 Codo 90°	(30)	30 (0.3355) = 10.065
1 expansión campana de 2.5 pulg. a 4 pulg. de \emptyset $d_1/d_2 = \frac{0.2057 \text{ pies}}{0.3355 \text{ pies}}$		
$d_1/d_2 = 0.6131$ K = 0.38 con K y \emptyset nominal	23	23 (0.3355) = 7.7165

$$\Sigma = 17.7815$$

$$\text{Longitud de tubería en tramos rectos} = 37.052 \text{ m} \frac{3.2808}{\text{m}} \text{ pies} = 121.5602 \text{ pies}$$

$$\text{Longitud equivalente total} = 139.3417 \text{ pies}$$

$$\Delta P = \frac{4.2885 \text{ PSI}}{100} \times 139.3417 \text{ pies}$$

$$\underline{\Delta P = 5.9756 \text{ PSI}}$$

$$Z_c = 11.052 \text{ m (3.2808 pie/m)}$$

$$Z_c = 36.2594 \text{ pies}$$

$$Z_c \text{ g/gc} = 36.2594 \text{ pies (32.2 pie/seg}^2/32.174 \text{ lb-pie/lb-seg}^2)$$

$$Z_c \text{ g/gc} = 36.2887 \text{ lb-pie/lb.}$$

$$Z_c \text{ g/gc } (\rho) = 36.2887 \overline{\text{lb}}\text{-pie/lb } (62.3052 \text{ lb/pie}^3)$$

$$Z_c \text{ g/gc } (\rho) = 2260.9747 \overline{\text{lb}}/\text{ft}^2$$

$$\underline{Z_c \text{ g/gc } (\rho) = 15.7012 \overline{\text{lb}}/\text{pulg}^2}$$

Y substituyendo los valores encontrados en la ecuación establecida encontramos :

$$PA = (30 + 5.9756 + 15.7012) \text{ PSI}$$

$$PA = 51.6769 \text{ PSI}$$

$$\underline{PA = 3.6332 \overline{\text{Kg}}/\text{cm}^2}$$

Siguiendo la misma secuencia de cálculo para los demás tanques tendremos :

Tanque	Ø Nominal tubería de alimentación cámara de espuma		Longitud tubería Tramos Rectos*		Gasto solución cámara		ΔP 100		P A		Número Cámaras Tanque
	mm	pulg.	m	pies	L/min.	GPM	$\bar{K}g/cm^2$	$\frac{lb}{pulg^2}$	$\bar{K}g/cm^2$	$\frac{lb}{pulg^2}$	
TV-1	101.6	4	70.052	229.83	1530.16	404.33	0.26	3.73	3.9149	55.6838	2
TV-2	101.6	4	70.052	229.83	1530.16	404.33	0.26	3.73	3.9149	55.6838	2
TV-3	101.6	4	37.052	121.56	1645.74	434.88	0.30	4.30	3.6332	51.6769	1
TV-4	101.6	4	37.052	121.56	1645.74	434.88	0.30	4.30	3.6332	51.6769	1
TV-5	101.6	4	37.052	121.56	1645.74	434.88	0.30	4.30	3.6332	51.6769	1
TV-6	76.2	3	37.052	121.56	1101.60	291.09	0.56	7.95	3.9451	56.1127	1
TV-7	63.5	2.5	37.052	121.56	552.	146.06	0.28	3.96	3.5682	50.7524	1

* Longitud obtenida del plano No. 3 a nivel del piso y además se considera la longitud de tubería a la altura a la cual está instalada la cámara de espuma.

2.5 Presión Necesaria en el Hidrante (P_H)

Esta presión está integrada por la presión necesaria a la entrada de la tubería de alimentación y las pérdidas de energía desde el hidrante a la mencionada entrada; o sea :

$$P_H = P_A + H_{fsM} + H_{fsp} + H_{fsM}^1$$

en donde :

- P_H = Presión mínima necesaria en la toma del hidrante para la operación del sistema semifijo de protección contra incendio.
- P_A = Presión mínima en la tubería de alimentación a la cámara de espuma.
- H_{fsM} = Pérdida de energía en la manguera contra incendio de 63.5 mm \varnothing (2.5 pulg. \varnothing) acoplada entre el hidrante y la alimentación del proporcionador, con un gasto de 946.325 L/min. (250 GPM) y una longitud de 15.25 m. (50 pies), e igual a 0.4394 $\overline{K}g/cm^2$ - - (6.25 PSI), según el catálogo Galimex Industrial, "El Comportamiento del Agua en Mangueras Contra Incendio". Para hacer dicha conexión se usan 2 mangueras $\therefore H_{fsM} = 0.8798 \overline{K}g/cm^2$ (12.50 PSI).
- H_{fsp} = Pérdida de energía en el proporcionador en línea, - que es igual a la tercera parte de la presión de admisión.

Hfs_{M1} = Pérdida de energía en la manguera contra incendio de 63.5 mm (2.5 pulg) de \varnothing acoplada entre la descarga del proporcionador y la tubería de alimentación a la cámara de espuma e igual a 0.439 $\overline{\text{Kg/cm}^2}$ (6.25 PSI).

El cálculo de la presión necesaria en el hidrante se hace con $P_A = 3.9149 \overline{\text{Kg/cm}^2}$ (55.6838 PSI), debido a que el hidrante que alimenta el sistema de espuma del tanque TV-2 se encuentra en el punto desfavorable de la red de agua contra incendio, como se indica en el punto 5 del capítulo VII.

$$\text{Para encontrar : } H_{fsp} = \frac{P \text{ admisión en el proporcionador}}{3} = \frac{P_a}{3}$$

$$P_a = \frac{3 P \text{ salida del proporcionador}}{2} = \frac{3P_s}{2}$$

$$P_s = H_{fsM1} + P_A = \text{Presión en la salida del proporcionador.}$$

$$P_s = (6.25 + 55.6838) \text{ PSI} \therefore P_s = 61.9338 \text{ PSI}$$

$$\therefore P_a = \frac{3}{2} \frac{61.9338 \text{ PSI}}{2} \quad P_a = 92.9007 \text{ PSI}$$

$$H_{fsp} = \frac{92.9007}{3} \quad H_{fsp} = 30.9669 \text{ PSI} \quad H_{fsp} = 2.1771 \overline{\text{Kg/cm}^2}$$

Substituyendo los valores encontrados tendremos :

$$P_H = (55.6838 + 12.50 + 30.9669 + 6.25) \text{ PSI}$$

$$P_H = 105.4007 \text{ PSI} \quad \underline{P_H = 7.4103 \overline{\text{Kg/cm}^2}}$$

2.6 Gasto Total de Agua para Atacar el Riesgo Mayor de Incendio en el Area de Tanques. -

Este riesgo lo determina el tanque TV-1 ó el TV-2 por ser los de mayor diámetro; en el suministro de espuma a estos tanques es necesario un gasto de 2971.18 l/min (785.11 GPM) de agua. Además es necesario formar cortinas de agua entre el tanque incendiado y los adyacentes, para lo cual es necesaria la operación de un monitor con boquilla regulable de chorro y niebla de 63.5 mm (2.5 pulg) de \varnothing , el cual proporciona un gasto de 946.32 l/min. (250 GPM) de agua. Por último, es indispensable una manguera de 63.5 mm (2.5 pulg) de \varnothing y 15.24 m (50 pies) de longitud para derivar de ella por medio de una bifurcación (Y) dos mangueras de 38.1 mm (1.5 pulg) de \varnothing y 15.24 m (50 pies) de longitud con un gasto de 340.6774 L/min (90 GPM) c/u y atacar con ellas cualquier conato de incendio en el redondel del tanque. Por lo tanto, se requiere contar con un gasto de agua de 4599.56 L/min (1215.11 GPM) y para cálculo de las bombas contra incendio se fija un gasto de 4542.36 L/min (1200 GPM).

2.7 Dotación de Líquido Espumante Protéico al 3%, y de Agua para Cubrir el Riesgo Mayor. -

2.7.1 Para determinar la dotación de líquido protéico se considera el con-sumo que requiere para su protección cualquiera de los tanques -

TV-1 ó TV-2 considerando que se usará dicho líquido durante 30 minutos, en el punto 2.2 se determinó que cualquiera de los dos tanques mayores requiere 89.14 l/min (23.55 GPM), por lo tanto para 30 minutos de consumo son necesarios : 2674.2 litros (706.5 galones) de líquido protéico al 3%. Para fines de maniobrabilidad de la unidad móvil, el tanque de ésta será de 1800 litros cargado con líquido protéico al 83% de su capacidad, o sea 1500 litros, ya que en la operación de la unidad el líquido tiene espumaciones, por lo tanto la unidad móvil tendrá capacidad para combatir el riesgo mayor en 16.81 min. y el líquido faltante para la dotación para 30 min. se tendrá en cubetas de 18.9265 litros (5 galones), además de lo anterior es posible recargar la unidad durante su operación.

2.7.2 Para determinar la dotación de agua, consideramos el gasto que se fijó para la bomba contra incendio operando dicha bomba 30 minutos . la dotación de agua será : 141 948.75 litros (37,500 galones) y en la Planta se dispone de :

Capacidad del tanque elevado : 150,000 litros (39 626.978 gal.)

Por lo tanto, la Planta satisface las necesidades de agua para casos de emergencia.

3.- LISTA DE MATERIALES.-

Para construir y operar el sistema semifijo a base de espuma mecánica al 3%, se requiere :

Partida	Cantidad	Unidad	Descripción
17	1	Pza.	Unidad móvil dosificadora de líquido protéico al 3.1 y color rojo bermellón con letreros de identificación de accesorios y letrero ilustrativo para su operación y equipada con : <ul style="list-style-type: none"> a) Un tanque cilíndrico de 1.8 m³ de capacidad, cargado con líquido protéico al 3%, soportado sobre chasis y fácil de ser transportado por sus ruedas inflables por medio de vehículo o manualmente. b) Un cabezal de distribución con 4 tomas de 63.5 mm (2.5 pulg) de diámetro instaladas en cada toma una válvula del mismo diámetro de 1/4 de vuelta y conectores hembra NSHT del mismo diámetro para conexión de mangueras contra-incendio. c) Cuatro proporcionadores de línea para dosificar líquido protéico al 3%, dos tipo LP-50 National Foam de 1892.65 L/min (500 GPM) y los dos restantes tipo LP-25 National Foam de 946.32 L/min. (250 GPM). Las descargaderas de los proporcionadores tipo LP 50 terminan en un cabezal de distribución y con salidas macho de 63.5 mm (2.5 pulg) de diámetro, cuerdas NSHT, la descarga de uno de los proporcionadores tipo LP-25 termina en un cabezal de distribución y con salidas macho de 38.1 mm (1.5 pulg) de \emptyset cuerdas NSHT, la descarga del restante proporcionador tipo LP-25 termina en una salida macho de 63.5 mm (2.5 pulg) de \emptyset cuerda NSHT. d) Tubería, válvulas conexiones e instrumentos para la entrada de agua, solución protéica, indicador de nivel, etc. e) Registros de inspección y aberturas para cargar manualmente el líquido protéico al 3%.
			IMPORTE (M.N.) 110,000.00

Partida	Cant.	Unidad	Descripción	Diámetro Nominal		Céd.	Material	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
				mm	Pulg.				
18	7	Pza.	Cámara de espuma National Foam MCS-55				Acero al carbón	6,000.00	42,000.00
19	1	Pza.	Cámara de espuma National Foam MCS-33				Acero al carbón	4,500.00	4,500.00
20	1	Pza.	Cámara de espuma National Foam MCS-17				Acero al carbón	3,500.00	3,500.00
21	94	m	Tubería de acero, sin costura, para soldar.	63.5	2.5	40	ASTM-A53 Gr.B.	45.70	4,295.80
22	38	m	Tubería de acero, sin costura, para soldar.	76.2	3.0	40	ASTM-A53 Gr.B.	58.80	2,234.40
23	394	m	Tubería de acero, sin costura, para soldar.	101.6	4.0	40	ASTM-A53 Gr.B.	76.55	30,160.70
24	8	Pza.	Codo de acero para soldar.	63.5	2.5	40	ASTM-A234 Gr.WPA	34.00	272.00
25	1	Pza.	Codo de acero para soldar.	76.2	3.0	40	ASTM-A234 Gr.WPA	45.00	45.00
26	15	Pza.	Codo de acero para soldar.	101.6	4.0	40	ASTM-A234 Gr.WPA	75.00	1,125.00

Partida	Cant.	Unidad	Descripción	Diámetro Nominal		Céd.	Material	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
				mm	Pulg.				
27	1	Pza.	Reducción concéntrica de acero, para soldar.	63.5 x 76.2	2.5 x 3	40	ASTM-A234 Gr. WPA	40.00	40.00
28	7	Pza.	Reducción concéntrica de acero, para soldar.	63.5 x 101.6	2.5 x 4	40	ASTM-A234 Gr. WPA	57.00	399.00
29	16	Pza.	Conexión doble hembra giratoria, con entrada cuerda estándar de : y salida cuerda NSHT de : Para conectarlas en las tuberías con terminación roscada de alimentación a las cámaras de espuma de los tanques.	63.5 63.5	2.5 2.5		Bronce	450.00	7,200.00
TOTAL :									205,771.90

125 130

C A P I T U L O V I I

DISEÑO Y CALCULO DE LA RED DE TUBERIAS PARA AGUA CONTRA - INCENDIO

Para la protección de la planta de riesgos mayores de incendio, es necesaria una red de tuberías para agua contra-incendio, la cual será presionada por medio de bombas. El gasto que transporte dicha tubería será suficiente para alimentar el sistema de espuma mecánica y las mangueras necesarias para atacar un incendio.

La fuente de alimentación del sistema contra incendio es el tanque elevado de 150 000 litros (39 626.978 Gal) y la cisterna de 75 000 litros (19 813.489 Gal), con que ^{contara} cuenta la Planta. El equipo de bombeo, tuberías, hidrantes, válvulas, etc. que forman la red, se determina de acuerdo con las siguientes consideraciones :

- a) Riesgo mayor en caso de incendio.- Constituido por un incendio en llenaderas de autos tanque o en cualquiera de los tanques TV-1 y TV-2.
- b) Gasto de agua para controlar y extinguir el fuego, ~~ya sea~~ en lle-

naderas de autos tanque o en los tanques mencionados. ~~En el ca-~~
~~pítulo VI~~ se determinó que es necesario un gasto de 4 542.36 L/min.
(1200 GPM).

- c) La presión necesaria de la bomba, para obtener en el punto más desfavorable de la red una presión que tanto en las cámaras de espuma como en las boquillas de las mangueras se mantenga al nivel estipulado y del gasto necesario.

1.- REQUERIMIENTOS DE LA RED DE TUBERIAS PARA AGUA CONTRA INCENDIO.

- 1.1 Para evitar posibles congelaciones del agua, la tubería debe enterrarse por lo menos a 76 cm. (2.5 pies) de profundidad. La zanja que aloje la red se rellenará con tierra que no contenga cenizas ni materiales corrosivos. La tubería deberá protegerse previamente con recubrimiento anticorrosivo.
- 1.2 Toda la tubería de contra incendio que se instale sin enterrar, debe pintarse con recubrimiento anticorrosivo y pintura roja.
- 1.3 El diámetro nominal mínimo para construir redes de contra incendio es de 152.4 mm (6 pulg).
- 1.4 Las especificaciones de la tubería y accesorios utilizados para

construir la red de contra incendio, son las siguientes :

- 1.4.1 Para tubería de 50.8 mm a 406.4 mm (2 pulg a 10 pulg) de diámetro nominal; acero sin costura, especificación ASTM A-53 - Gr. B, cédula 40.
- 1.4.2 Para conexiones de 50.8 mm (2 pulg) de diámetro nominal y mayores; acero sin costura, especificación ASTM-A234 Gr. WPA, cédula 40.
- 1.4.3 Para bridas de 50.8 mm (2 pulg) de diámetro nominal y mayores; acero forjado ASTM-A181 Gr. I, con cuello para soldar, para trabajar a $10.6 \overline{\text{Kg}}/\text{cm}^2$ (150 PSI), con cara realzada de 1.588 mm. (1/16 pulg) cuando se coloquen contra bridas de acero y con cara plana si se colocan contra bridas de hierro.
- 1.4.4 Empaques de asbesto comprimido, de 1.588 mm (1/16 pulg) de espesor (Garlock 7021 ó 7022, Johns Manville 60 ó equivalente), de tipo anillo en bridas de cara realzada. De cara llena, con agujeros para tornillos, para usarse en bridas con cara plana.
- 1.4.5 Tornillos estándar con cabeza cuadrada para maquinaria, especificación ASTM A-307, con tuercas hexagonales troqueladas en acero ASTM A-194, Gr. 2H, pesadas.

- 1.4.6 Válvulas de compuerta de 50.8 mm (2 pulg) de diámetro nominal y mayores; hierro fundido, con bridas de cara plana, para trabajar a $8.8 \overline{\text{Kg}}/\text{cm}^2$ (125 PSI), interiores de bronce, de vástago ascendente cuando se empleen sobre el nivel del piso o dentro de registros. Sobre las líneas enterradas, si no tienen registros se deben utilizar cajas para válvulas y válvulas de las mismas características a las anteriores pero, con vástago no ascendente; y en lugar de volante deberá instalarse un cuadro de 50.8 mm (2 pulg) para operarse con llave de extensión.
- 1.4.7 Válvulas de retención de 50.8 mm (2 pulg) de diámetro nominal y mayores; hierro fundido, con bridas de cara plana para trabajar a $8.8 \overline{\text{Kg}}/\text{cm}^2$ (125 PSI); con interiores de bronce y del tipo compuerta.
- 1.4.8 Válvulas para hidrante de 38.1 mm y 63.5 mm (1.5 pulg y 2.5 pulg) de diámetro nominal; de bronce, con compuerta para trabajar a $21.1 \overline{\text{Kg}}/\text{cm}^2$ (300 PSI), roscadas con cuerda hembra estándar de tubería del lado de la entrada y cuerda macho NSHT (9 hilos por pulgada las de 1.5 pulg. y $7\frac{1}{2}$ hilos por pulgada las de 2.5 pulg) del lado de la salida, con tapa de bronce fijada mediante una pequeña cadena.
- 1.4.9 Hidrantes contra incendio; fabricados con tubería de 76.2 mm, -

101.6 mm ó 152.4 mm (3 pulg., 4 pulg. ó 6 pulg.) de diámetro nominal, conectada a la línea principal sin restricción de área; terminado a una altura de 76 cm. (2.5 pies) sobre el nivel del piso y con un tapón cachucha soldado en el extremo superior. Cada tubo ascendente tendrá, a una altura de 50 cm. sobre el nivel del piso, dos conexiones diametralmente opuestas con dos válvulas para hidrante de 63.5 mm (2.5 pulg) en el área de tanque y tomas alternadas de 38.1 mm y 63.5 mm (1.5 pulg y 2.5 pulg) en las demás áreas de trabajo, salvo los de 76.2 mm (3 pulg) que sólo llevarán una válvula.

1.4.10 Soldadura; varilla con fundente (AWS-6010 Lincoln Fleetweld 5, Champion Diablo Azul o similar).

1.5 La red de contra incendio debe estar seccionada mediante válvulas, de tal manera que se pueda bloquear cualquier tramo de ella.

1.6 Los hidrantes deberán colocarse estratégicamente en las áreas por proteger y a no más de 61 m (200 pies) uno de otro. La longitud máxima de las mangueras para agua contra incendio debe ser de 30.5 m (100pies).

1.7 El gasto, con la máxima eficiencia, en las mangueras de 38.1 mm (1.5 pulg) de diámetro es de 378.5 l/min (100 GPM), en las de -

63.5 mm (2.5 pulg) de 946.25 l/min (250 GPM).

- 1.8 La presión de trabajo óptima en las boquillas regulables para chorro y niebla de agua y en las boquillas espumadoras es de 7.03 Kg/cm^2 (100 PSI).
- 1.9 La pérdida por fricción en las mangueras de 63.5 mm (2.5 pulg) de diámetro y 15.24 m (50 pies) de longitud es igual a 0.4394 Kg/cm^2 (6.25 PSI) y para las mangueras de 38.1 mm (1.5 pulg) de diámetro y 15.24 m (50 pies) de longitud es de 1.0546 Kg/cm^2 (15 PSI), según el catálogo Galimex Industrial "El Comportamiento del Agua en Mangueras Contra Incendio".
- 1.10 La velocidad del agua en la red de tuberías para agua contra incendio está comprendida entre 1.2 a 2.4 m/seg (4 a 8 pies/seg.) lo cual puede tomarse como guía para la selección del diámetro de la tubería.
- 1.11 La pérdida de energía se calcula usando la ecuación de Darcy, o bien el criterio $\Delta P100$.
- 1.12 Se deberá tener el gasto necesario a la presión requerida en el punto más desfavorable de la red de tuberías.

2.- LOCALIZACION DE LA RED DE TUBERIAS PARA AGUA CONTRA INCENDIO.

2.1 La red de tuberías para agua contra incendio debe localizarse cerca de los lugares en que exista el riesgo de incendio, con el fin de poder combatirlo rápida y eficientemente, evitando que el fuego se extienda hacia las áreas o equipos adyacentes, por lo tanto la red contra incendio de la Planta de Almacenamiento, se localizará en los siguientes lugares .

2.1.1 Area de tanques y fosa de recuperados. - En dichas áreas la red formará anillos cerrados alrededor de las tres secciones del área de tanques con el objeto de contar con el servicio de agua contra incendio cualquiera que sea la dirección de los vientos reinantes, o en el caso de que algún tramo de tubería se encontrara fuera de operación. Dichos anillos contarán con el número suficiente de hidrantes para abastecer de agua las mangueras contra incendio y la unidad móvil dosificadora de líquido protéico para la operación del sistema semifijo de espuma mecánica necesarios para cubrir el riesgo de incendio mayor.

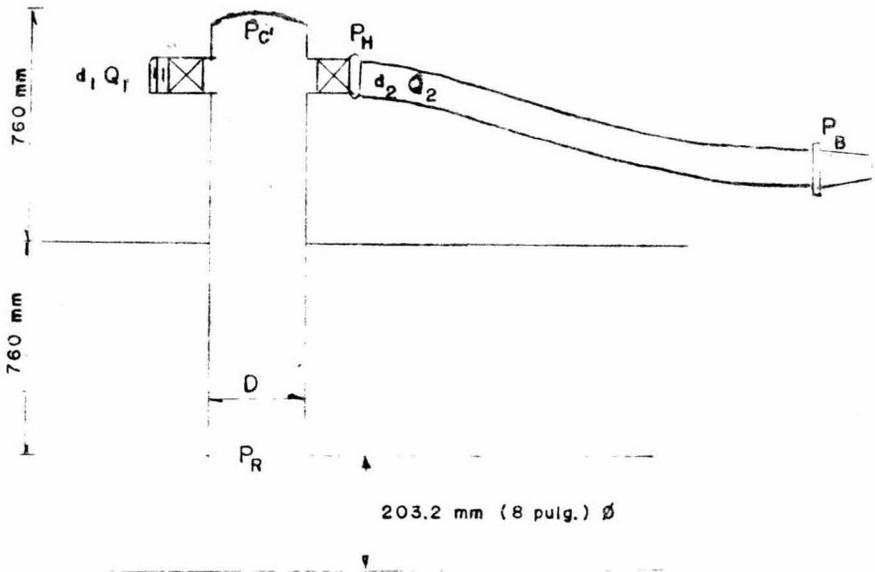
2.1.2 Llenaderas de autos tanque, descargaderas de autos y carros tanque, llenado de tambores, casa de bombas, almacén y oficinas.
En las que la red alimentará los hidrantes para surtir mangueras de contra incendio y operación de los sistemas portátiles de espu-

ma mecánica.

En el plano No. 3 se da la localización de la red de tuberías para agua contra incendio, la cual satisface los requisitos mencionados.

3.- CALCULO DE LA RED DE TUBERIAS PARA AGUA CONTRA INCENDIO.

3.1 Presión y diámetro, necesarios en los hidrantes con dos tomas de 63.5 mm (2.5 pulg) de diámetro nominal y gasto de 946.25 lt/min. (250 GPM) por toma, con una presión de 7.03 Kg/cm^2 (100 PSI) en el extremo de dos mangueras de 63.5 mm (2.5 pulg) de ϕ y 15.25 metros (100 pies) de longitud.



ILUSTRACION DEL HIDRANTE

Donde :

D = Diámetro del hidrante.

d_1 y d_2 = Diámetro de las tomas del hidrante.

Q_1 y Q_2 = Gasto en las tomas del hidrante.

P_H = Presión en la toma del hidrante.

P_R = Presión en la red.

P_B = Presión en la boquilla de la manguera (7.03 Kg/cm^2)

P_{C1} = Presión en la cabeza del hidrante.

El diámetro de la tubería del hidrante es :

Q = Velocidad x Area

$$Q = \text{Velocidad} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$Q = \text{Velocidad} \times 0.7854 D^2$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

$$Q_T = \text{Velocidad} (0.7854 D^2)$$

$$Q_1 = \text{Velocidad} 0.785 d_1^2 \quad Q_2 = \text{Velocidad} 0.785 d_2^2$$

Substituyendo en (1) tenemos :

$$\text{Velocidad} (0.7854 D^2) = \text{Velocidad} 0.7854 (d_1^2 + d_2^2)$$

$$\therefore D^2 = d_1^2 + d_2^2$$

$$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2} \quad (2)$$

Substituyendo valores en (2) tenemos :

$$D = \sqrt{2.5^2 + 2.5^2}$$

$$D = \sqrt{6.25 + 6.25}$$

$$D = \sqrt{12.5} \quad D = 3.5355 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto, se usará tubería de 101.6 mm (4 pulg) de diámetro nominal, cédula 40.

DETERMINACION DE LA PRESION MINIMA EN LA RED.-

$$P_R = H_{fsH} + P_{Cl} + Z_H \text{ g/gc } (\rho)$$

en donde :

H_{fsH} = Pérdida de energía a través de la tubería del hidrante.

ρ = Densidad del agua a 68°F (20°C)

Z_H = Altura del hidrante.

$$P_{Cl} = P_H + H_{fsT} \times \rho$$

en donde :

P_H = Presión en la toma del hidrante.

H_{fsT} = Pérdida de energía hasta el niple de terminación de la válvula, punto denominado toma del hidrante ;para el cálculo de esta pérdida se considera una T, una válvula de compuerta de 2½ pulg. de ϕ y un tramo de tubería de 7 cm. de 2.5 pulg. ϕ .

P_H = 7.4103 $\vec{K}g/cm^2$ (105.4007 PSI) determinada en el punto 2.5 del capítulo VI, o bien se considera P_H necesaria para cubrir las necesidades de operación de una boquilla regulable de chorro y niebla acoplada a dos tramos de manguera de 63.5 mm (2.5 pulg) de ϕ y 15.24 m (50 pies) de longitud cuyo principio se acopla a la toma del hidrante que se considera para el cálculo.

$$P_H = P_B + H_{fsM}$$

$$P_H = (99.9905 + 12.5) \text{ PSI}$$

$$P_H = 112.4905 \text{ PSI} , \quad \underline{P_H = 7.9088 \text{ Kg/cm}^2}$$

Para continuar con los cálculos se considera el valor de P_H más alto, para así poder tener posibilidad de operar el sistema semifijo de protección contra incendio y brindar la presión necesaria para la operación de las boquillas.

Encontrando H_{fs_T} :

$$H_{fs_T} = \frac{f^1 v^2 L \text{ eq.}}{2 g c D} , \quad Re = \frac{D v \rho}{\mu}$$

$$D = \text{Diámetro interno de tubería de 2.5 pulg. de } \emptyset, \text{ cédula 40} = 0.2057 \text{ pies}$$

$$v = \frac{Q}{S} , \quad S = \text{Área transversal interna de tubería de 2.5 pulg. de } \emptyset, \text{ cédula 40} = 0.03322 \text{ pies}^2$$

$$\therefore v = \frac{250 \text{ Gal/min (pie}^3/7.4805 \text{ Gal) (min/60 seg)}}{0.03322 \text{ pies}^2}$$

$$v = \frac{0.5570 \text{ pies}^3/\text{seg}}{0.03322 \text{ pies}^2}$$

$$v = 16.767 \text{ pies/seg.}$$

$$Re = \frac{0.2057 \text{ pies (16.767 \text{ pies/seg}) 62.3052 \text{ lb/pies}^3}{6.72 \times 10^{-4} \text{ lb/pies-seg.}}$$

$$Re = 31.9775 \times 10^4$$

Tubería de 2.5 pulg. \emptyset y acero comercial, $E/D = 0.00074 =$ rugosidad relativa con Re y E/D tenemos que $f^1 = 0.0196$

Accesorio	L/D	L/D x D int. = longitud equivalente en pies
Válvula de compuerta	13	13 (0.2057) = 2.6741
T	60	60 (0.2057) = 12.342

$$\text{Long. en tramos rectos} = 0.07 \text{ m} \frac{\text{pie}}{0.3048 \text{ m}} = 0.2296$$

$$\text{Long. equivalente total} = 15.2457 \text{ pies.}$$

$$H_{fsT} = \frac{0.0196 (16.767 \text{ pies/seg})^2}{2 (32.174 \text{ lb-pie/lb-seg}^2)} \cdot \frac{15.2457 \text{ pies}}{2057 \text{ pies}}$$

$$H_{fsT} = 6.3466 \text{ lb-pie/lb.} ; H_{fsT} \times \rho = 395.4295 \text{ lb/pie}^2$$

$$H_{fsT} \times \rho = 2.7460 \text{ PSI} \quad H_{fsT} \times \rho = 0.1930 \text{ Kg/cm}^2$$

∴

$$P_{C1} = (112.4905 + 2.7460) \text{ PSI}$$

$$\underline{P_{C1} = 115.2365 \text{ PSI}} \quad \underline{P_{C1} = 8.1018 \text{ Kg/cm}^2}$$

H_{fsH} Se determina de acuerdo al criterio ΔP_{100} , pág. B-14 Crane; para tubería de 101.6 mm (4 pulg) de ϕ nominal, cédula 40 y

$$Q = 1892.65 \text{ L/min. (500 GPM)} , \Delta P_{100} = 5.65 \text{ PSI}$$

$$H_{fsH} = \frac{5.65 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} \times \text{Longitud equivalente}$$

$$\text{Longitud de la tubería de 101.6 mm (4 pulg) } \phi = 1.52 \text{ m}$$

$$T - L/D = 60 ; (60 \times 0.3357 \text{ pies}) = 20.142 \text{ pies} = 6.1392 \text{ m}$$

$$\text{Longitud equivalente} = 7.6592 \text{ m (25.1286 pies)}$$

$$H_{fs_H} = \frac{5.65 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} \times 25.1286 \text{ pies} ; \underline{H_{fs_H} = 1.4197 \text{ PSI} ,}$$

$$\underline{H_{fs_H} = 0.0998 \text{ Kg/cm}^2}$$

Para calcular Z_H

$$Z_H = 1.52 \text{ m} \frac{\text{pie}}{0.3048 \text{ m}} = 4.9868 \text{ pies}$$

$$Z_H \text{ g/gc} = 4.9868 \text{ pies} \left(\frac{32.2 \text{ pies/seg}^2}{32.174 \text{ lb-pie/lb-seg}^2} \right)$$

$$Z_H \text{ g/gc} = 4.9908$$

$$Z_H \text{ g/gc} (\rho) = 310.9527 \text{ lb/pie}^2 \quad Z_H \text{ g/gc} (\rho) = 2.1593 \text{ PSI}$$

$$Z_H \text{ g/gc} (\rho) = 0.1518 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto, la presión mínima en la red para el punto más desfavorable, es :

$$P_R = (1.4197 + 115.2365 + 2.1593) \text{ PSI}$$

$$\underline{P_R = 118.8155 \text{ PSI}} \quad \underline{P_R = 8.3535 \text{ Kg/cm}^2}$$

4.- REQUERIMIENTOS DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO.-

Para tener las presiones requeridas en las tuberías de la red contra incendio, es necesario presionarla por medio de bombas estacionarias; para fines de seguridad se instalan por lo menos dos bombas, una accionada por motor eléctrico y otra por motor de combustión interna u otro medio de accionamiento, debiéndose de utilizar la fuente de energía más

confiable para el servicio normal. La capacidad de bombeo para cada servicio debe ser tal que permita mantener los gastos y presiones requeridas para combatir el incendio de mayor riesgo existente en la instalación.

4.1 Las bombas se localizarán en una caseta llamada "caseta contra incendio", la cual se localiza en un lugar seguro y lo más cercano a los riesgos previstos.

4.2 El impulsor de la bomba tiene la característica tal que cuando el gasto es cero, la presión desarrollada debe ser del 120% de la carga total requerida. La bomba debe proporcionar el 150% del gasto nominal cuando la presión de descarga sea como mínimo 65% de la carga nominal.

4.3 Las bombas serán del tipo centrífugas horizontales de caja bipartita.

4.4 La succión de las bombas debe ser de tal diámetro, que pueda manejar el 150% de su capacidad.

4.5 Las bombas contra incendio deben descargar de acuerdo con su capacidad a líneas del diámetro marcado en la tabla siguiente :

GPM	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
L/min	1893	2893	3785	4732	5678	7570	9463
Diámetro en pulgadas	6	8	8	8	10	10	10

De acuerdo con el Handbook National Fire Protection Association.

5.- POTENCIA DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO.-

En el plano No. 3 se puede observar que el punto A es el más desfavorable de la red de agua contra incendio, ya que si por alguna circunstancia se tiene que sacar de servicio el tramo en que están comprendidos el hidrante 6 y el monitor 4 y ocurre un incendio en el tanque TV-2, el agua tiene que recorrer una distancia mayor a cualquier otro caso. Por lo tanto, el cálculo del equipo de bombeo se hará partiendo de las necesidades requeridas de presión en el punto A y el gasto necesario para riesgo mayor e igual a 4542.36 L/min (1200 GPM).

El diámetro de la red se determina de acuerdo a la tabla arriba indicada, por lo tanto el Diámetro nominal de la tubería de la red contra incendio será de 203.2 mm (8 pulg).

De acuerdo con el punto 1.4, la tubería por instalar es de la siguiente especificación :

Tuberfa de acero sin costura, para soldar, especificación ASTM-A53 - Gr. B de 203.2 mm (8 pulg) de diámetro nominal, cédula 40.

La velocidad del agua en la tuberfa de 203.2 mm (8 pulg) de \emptyset nominal con un gasto de 4542.36 L/min (1200 GPM) es de :

Para tuberfa de 8 pulg. de \emptyset nominal, cédula 40.

$$D \text{ int.} = 0.6651 \text{ pies} \quad \text{Area Transversal} = 0.3474 \text{ pies}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad ; \quad V = \frac{1200 \text{ Gal/min (pies}^3/7.4805 \text{ Gal) (min/60 seg)}}{0.3474 \text{ pies}^2}$$

$$V = \frac{2.6736 \text{ pies}^3/\text{seg.}}{0.3474 \text{ pies}^2} \quad \quad \quad V = 7.6960 \text{ pies/seg.}$$

Valor que se encuentra dentro del rango razonable para el diseño del \emptyset de latuberfa.

La pérdida de energía por fricción en la tuberfa de 203.2 mm (8 pulg) de \emptyset nominal, cédula 40 será calculada por la ecuación de Darcy como sigue :

$$H_{fs} = \frac{f l v^2 L}{2 g c D} \quad , \quad \text{los términos de la ecuación fueron descritos en el punto 2.4 del capítulo VI.}$$

$$Re = \frac{D v \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0.6651 \text{ pies (7.6960 \text{ pies/seg) } 62.305^2 \text{ lb/pies}^3}{6.72 \times 10^{-4} \text{ lb/pies-seg.}}$$

$$Re = 47.4577 \times 10^4$$

Tubería de 8"Ø y acero comercial , $E/D = 0.00023 =$ rugosidad relativa.

con Re y $E/D = 0.00023$ tenemos que $f^1 = 0.0152$ (Pág. A-24 Crane)

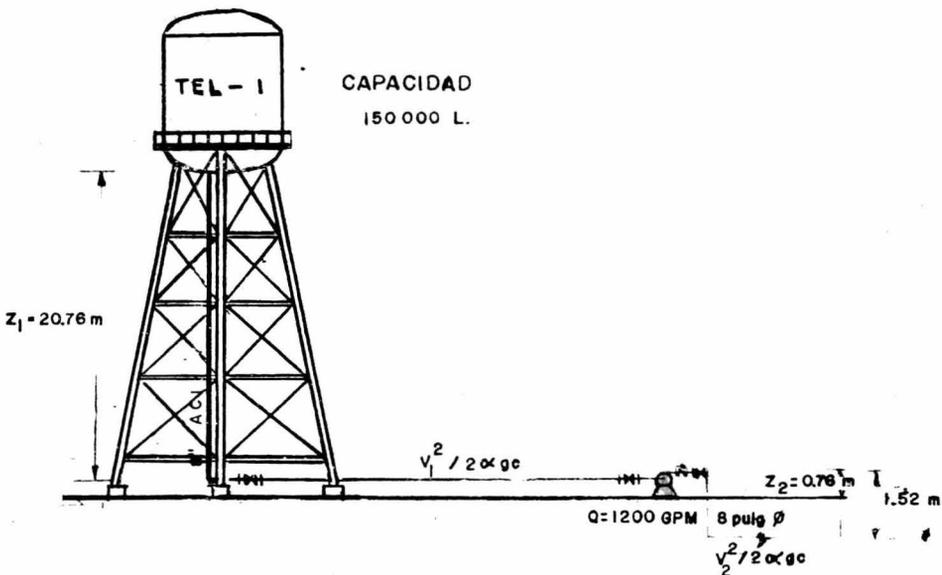
$$H_{fs} = \frac{0.0152 (7.6960 \text{ pies/seg})^2 100 \text{ pies}}{2 (32.174 \text{ lb-pies/lb-sec}^2) 0.6651 \text{ pie}}$$

$$H_{fs} = 2.1035 \text{ lb-pie/lb.}$$

$$H_{fs} \times \rho = 2.1035 \text{ lb-pie/lb} (62.3052 \text{ lb/pie}^3) ,$$

$$H_{fs} \times \rho = 131.0617 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^2}$$

$$\underline{\Delta P/100 = 0.9101 \text{ PSI}} \quad , \quad \underline{\Delta P/100 = 0.0639 \text{ Kg/cm}^2}$$



$$Q = 4542 \text{ L/min (1200 GPM)}$$

$$V_1 = V_2 = 2.3457 \text{ m/seg. (7.6960 pies/seg) en tubería de 203.2 mm (8 pulg) de } \varnothing \text{ nominal.}$$

Para encontrar el trabajo que se requiere dar a la bomba :

$$Z_1 g/gc + \frac{V_1^2}{2 \alpha gc} + \frac{P_1}{\rho} - W_f = Z_2 g/gc + \frac{V_2^2}{2 \alpha gc} + \frac{P_2}{\rho} + \sum H_{fs}$$

por la condición expuesta anteriormente :

$$Z_1 g/gc + \frac{P_1}{\rho} - W_f = Z_2 g/gc + \frac{P_2}{\rho} + \sum H_{fs}$$

-Wf = Trabajo que se requiere suministrar a la bomba.

Z1 y Z2 = Altura total de succión y descarga.

P1 y P2 = Presiones en el punto de succión y descarga.

$\sum H_{fs}$ = Pérdida de energía total por tubería y accesorios.

Encontrando el valor de cada parámetro tendremos :

$$\sum H_{fs} = \sum H_f \text{ succión} + \sum H_f \text{ descarga}$$

$$\sum H_{fs} \text{ succión} = \sum H_{fs} \text{ 8 pulg} + \sum H_{fs} \text{ 10 pulg.}$$

$$\sum H_{fs} \text{ descarga} = H_{fs} \text{ 6 pulg} + H_{fs} \text{ 8 pulg.}$$

En la succión ; Hfs 8 pulg.

Accesorios	L/D	L/D x D int. = Long. equivalente en pies
1	13	13 (0.6651) = 8.6463
2	2 (60)	120 (0.6651) = 79.812
2	2 (30)	60 (0.6651) = 39.906
8 pulg. 10 pulg. d1 = $\frac{0.6651}{0.8350} = 0.7965$ K = 0.13 con K y \varnothing nominal	8.7	8.7 (0.6651) = 5.7863

$$\sum = 134.1506 \text{ pies}$$

Longitud de tubería del tanque elevado a la bomba = 58 m $\frac{1 \text{ pie}}{0.3048 \text{ m}} =$
 190.2887 pies, longitud equivalente total = 324.4393 pies

$$\Delta P = \Delta P_{100} \times 324.4393$$

$$\Delta P = \frac{0.9101 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} \times 324.4393, \quad \Delta P = 2.9527 \text{ PSI}$$

$$\text{Hfs 8 pulg.} = \frac{\Delta P}{\rho}, \quad \text{Hfs 8 pulg.} = \frac{2.9527 \text{ PSI}}{62.3052 \text{ lb/pie}^2} \frac{144 \text{ pulg}^2}{1 \text{ pie}^2}$$

$$\text{Hfs 8 pulg.} = \underline{6.8243 \text{ lb-pie/lb}}$$

$$\text{Hfs 10 pulg.} = \frac{\Delta P}{\rho}$$

$$\Delta P = \Delta P_{100} \times L_e, \quad \Delta P_{100} = 0.306 \text{ PSI (Crane Pág. B-14)},$$

$$L_e = 1 \text{ m} = 3.2808 \text{ pies}$$

$$\Delta P = \frac{0.306}{100} (3.2808) \quad \Delta P = 0.01 \text{ PSI}$$

$$\text{Hfs 10 pulg} = \frac{0.01 \text{ PSI} \times 144}{62.3052}, \quad \underline{\text{Hfs 10 pulg.} = 0.0232 \text{ lb-pie/lb.}}$$

$$\sqrt{\text{Hf succión}} = (6.8243 + 0.0232) \text{ lb-pie/lb.}$$

$$\sqrt{\text{Hf succión}} = 6.8475 \text{ lb-pie/lb.}$$

En la Descarga ; Hfs 6 pulg.

Accesorios	L/D	L/D x D int. = Long.equivalente en pies
	135	135 (0.5054) = 68.229
	2 (30)	60 (0.5054) = 30.324
	13	13 (0.5054) = 6.5702
	60	60 (0.5054) = 30.324
6 pulg. \square 8 pulg. $\frac{d_1}{d_2} = \frac{0.5054}{0.6651} = 0.7598$ $K = 0.18$ con K y ϕ nominal	12	12 (0.5054) = 6.0648
		<u>141.5120</u>

$$\text{Long. de tubería de la descarga de la bomba a la reducción} = 24 \text{ m} \frac{\text{pies}}{0.3048 \text{ m}} = \frac{78.7401}{220.2521}$$

$$\Delta P = \Delta P_{100} \times L_e, \quad \Delta P_{100} = 3.81 \text{ PSI}, \quad L_e = 220.2521$$

$$\Delta P = \frac{3.81 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} \times 220.2521 \text{ pies}, \quad \underline{\Delta P = 8.3916 \text{ PSI}}$$

$$\text{Hfs 6 pulg.} = \frac{\Delta P}{\rho}, \quad \text{Hfs 6 pulg.} = \frac{8.3916 \text{ PSI}}{62.3052 \text{ lb/pie}^3} \frac{144 \text{ pulg}^2}{\text{pie}^2}$$

$$\underline{\text{Hfs 6 pulg.} = 19.3946 \text{ lb-pies/lb.}}$$

En la descarga Hfs 8 pulg.

Accesorios	L/D	L/D x D int. = Long. equivalente en pies
4 	4 (30)	120 (0.6651) = 79.812
18 	18 (60)	1080 (0.6651) = 718.308
4 	4 (13)	52 (0.6651) = 34.5852
		<u>Σ = 832.7052</u>

Long. de tubería de la reducción en la descarga

$$\text{de la bomba al hidrante más lejano} = 894 \text{ m} = \frac{832.7052}{2933.07 \text{ pies}} + 3765.7752$$

$$\Delta P = \Delta P_{100} \times L_e; \quad \Delta P = \frac{0.9101 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} \times 3765.7752 \text{ pies}$$

$$\underline{\Delta P = 34.2723 \text{ PSI}}$$

$$\text{Hfs } 8 \text{ pulg} = \frac{\Delta P}{f} ; \quad \text{Hfs } 8 \text{ pulg.} = \frac{34.2723 \text{ PSI} \times 144 \text{ pulg}^2}{62.3052 \text{ lb/pie}^3 \text{ pie}^2}$$

$$\text{Hfs } 8 \text{ pulg.} = 79.2102 \text{ lb-pie/lb.}$$

$$\therefore \quad \overline{\text{Hfs}} = \left[(6.8243 + 0.0232) + (19.3946 + 79.2102) \right] \text{ lb-pie/lb.}$$

$$\overline{\text{Hfs}} = (6.8475 + 98.6048) \text{ lb-pie/lb.}$$

$$\overline{\text{Hfs}} = 105.4523 \text{ lb-pie/lb.}$$

$$(Z_2 - Z_1)g/gc = 20.76 \text{ m} \frac{\text{pie}}{0.3048 \text{ m}} \left(\frac{32.2 \text{ pies/seg}^2}{32.174 \text{ lb-pie/lb-seg}^2} \right)$$

$$(Z_2 - Z_1)g/gc = 68.1102 \text{ pies (1.0008 lb/lb)}$$

$$\underline{(Z_2 - Z_1)g/gc = 68.1652 \text{ lb-pie/lb.}}$$

P_1 = Presión atmosférica en la Cd. de Querétaro, Qro. = 630 mmHg
(12.1822 PSIA)

$$\frac{P_1}{f} = 12.1822 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \times \frac{144 \text{ in}^2}{\text{pie}^2} \times \frac{1 \text{ pie}^3}{62.3052 \text{ lb.}} = 28.1555$$

$$\frac{P_1}{f} = 28.1555 \text{ lb-pie/lb.}$$

P_2 = Presión requerida en el punto más desfavorable de la red contra incendio = 118.8155 PSI (130.9977 PSIA)

$$\frac{P_2}{f} = 130.9977 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \times \frac{144 \text{ in}^2}{\text{pie}^2} \times \frac{\text{pie}^3}{62.3052 \text{ lb.}} = 302.7623$$

$$\frac{P_2}{f} = 302.7623 \text{ lb-pie/lb.}$$

$$W_f = \frac{P_2 - P_1}{f} + (Z_2 - Z_1) g/gc + \sum H_{fs}$$

$$W_f = \left[(302.7623 - 28.1555) + (-68.1652) + 105.4523 \right] \bar{\text{lb}}\text{-pie/lb.}$$

$$W_f = (274.6068 - 68.1652 + 105.4523) \bar{\text{lb}}\text{-pie/lb.}$$

$$W_f = (206.4416 + 105.4523) \bar{\text{lb}}\text{-pie/lb.}$$

$$W_f = 311.8939 \bar{\text{lb}}\text{-pie/lb.}$$

Cabeza de la Bomba = H

$$H = W_f (gc/g)$$

$$H = 311.8939 \bar{\text{lb}}\text{-pie/lb} \left(\frac{32.174 \text{ lb-pie}/\bar{\text{lb}}\text{-seg}^2}{32.2 \text{ pie}/\text{seg}^2} \right)$$

$$H = 311.6420 \text{ pies}$$

$$\Delta P = W_f \times \quad ; \quad \Delta P = 311.8939 \bar{\text{lb}}\text{-pie/lb} \times 62.3052 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} \times \frac{\text{pie}^2}{144 \text{ pulg}^2}$$

$$\Delta P = 134.94868 \text{ PSI}$$

$$\text{bHP} = \frac{Q H f_{rel.}}{3960 \times \eta_m} \quad \text{en donde :}$$

$$Q = \text{En GPM} = 1200$$

$$H = \text{Potencia hidráulica} = 311.6420 \text{ pies}$$

$$f_{rel.} = \text{Densidad relativa del líquido} = 1$$

$$\eta_m = \text{Eficiencia mecánica} = 0.7$$

$$\text{bHP} = \frac{1200 (311.6420)}{3960 (0.7)} ; \quad \text{bHP} = 134.9099$$

∴ El motor de combustión interna y el motor de energía eléctrica serán por lo menos de 150 HP.



$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = Z_1 + (P - P^0) \cdot \frac{1}{\rho} + \sum H_{\text{fs succi3n}}$$

Z_1 = Altura de succi3n

$$Z_1 = 20.76 \text{ m} , \quad Z_1 = 20.76 \text{ m} \frac{\text{pie}}{0.3048 \text{ m}} , \quad Z_1 = 68.1102 \text{ pies}$$

$$Z_1 \text{ g/gc} = 68.1102 \text{ pies} (32.2 \text{ pies/seg}^2 / 32.174 \text{ lb pie/lb-sec}^2)$$

$$Z_1 \text{ g/gc} = 68.1652 \text{ lb-pie/lb.}$$

$(P - P^0)$ = Diferencia entre la presi3n en el punto de succi3n y la presi3n de vapor del lquido a la temperatura de operaci3n, 20°C.

$$P = 12.1822 \text{ PSIA}$$

$$P^0 = 0.2561 \text{ PSIA}$$

$$(P - P^0) = 11.9261 \text{ PSI}$$

$$\frac{P - P^0}{\rho} \times \frac{\text{gc}}{\text{g}} = 11.9261 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \frac{144 \text{ pulg}^2}{\text{pie}^2} \times \frac{1}{62.3052 \text{ lb/pie}^3} \frac{32.17 \text{ lb-pie/lb-sec}^2}{32.2 \text{ pies / seg}^2}$$

$$\frac{P - P^0}{\rho} \times \text{gc/g} = 27.5379 \text{ pies}$$

$$\sum H_{\text{fs succi3n}} = (6.8243 + 0.0232) \text{ lb-pie/lb}$$

$$\sum H_{\text{fs succi3n}} = 6.8475 \text{ lb-pie/lb.}$$

$$\sum H_{\text{fs succi3n}} \times \text{gc/g} = 6.8475 \text{ lb-pie/lb} \frac{32.17 \text{ lb-pie/lb-sec}^2}{32.2 \text{ pies / seg}^2}$$

$$\sum H_{\text{fs succi3n}} \times \text{g/gc} = 6.8411 \text{ pies}$$

$$\therefore \text{NPSH}_{\text{disp}} = (68.1102 + 27.5379 - 6.8411) \text{ pies}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = \underline{88.807 \text{ pies}}$$

6.- HIDRANTES, MANGUERAS, BOQUILLAS, MONITORES y PROPORCIONADORES.

La red de tuberías para agua contra incendio contará con hidrantes de dos tipos, unos con dos salidas de 63.5 mm (2.5 pulg) de \emptyset y los otros con una salida de 38.1 mm (1.5 pulg) de \emptyset y otra de 63.5 mm (2.5 pulg) de \emptyset , a los que se denominan tipo I y II respectivamente.

De acuerdo con el plano No. 3, se tiene lo siguiente :

Hidrantes tipo I = 13

Hidrantes tipo II = 5

Las mangueras para agua contra incendio con que se dispondrá son de 38.1 mm (1.5 pulg) y 63.5 mm (2.5 pulg) de \emptyset en tramos de 15.24 m (50 pies).

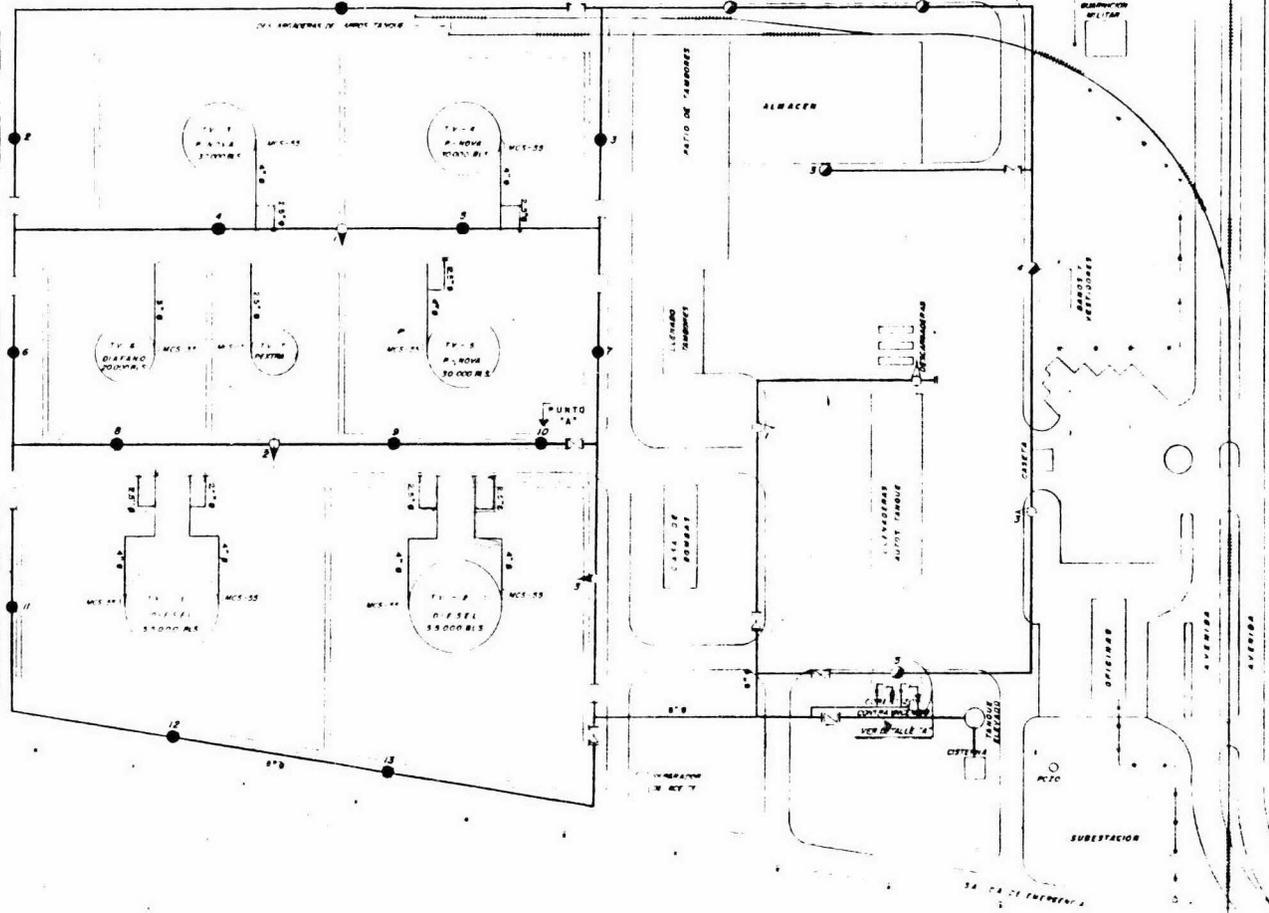
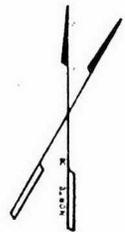
Se necesitan 12 tramos de mangueras de 63.5 mm (2.5 pulg) y 6 tramos de mangueras de 38.1 mm (1.5 pulg). Para el ataque de conatos de incendio con uso de mangueras son indispensables 4 boquillas regulables de chorro y niebla, dos de 38.1 mm (1.5 pulg) de \emptyset y dos de 63.5 mm (2.5 pulg) de \emptyset . Asimismo, para la operación de sistemas portátiles de espuma mecánica, se necesitan 2 boquillas espumadoras, una de 38.1 mm (1.5 pulg) y la otra de 63.5 mm (2.5 Pulg) de \emptyset , y 2 proporcionadores de línea para es-

puma mecánica al 3%, uno de 3.81 mm (1.5 pulg) \emptyset y el otro de 63.5 mm (2.5 pulg) de \emptyset .

Para cuando sea necesario formar cortinas de agua, principalmente en área de llenado de autos tanque y área de tanques, se dispondrá de 5 monitores, los cuales contarán con boquillas regulables de chorro y niebla de 63.5 mm (2.5 pulg) de \emptyset .

7.- LISTA DE MATERIALES .-

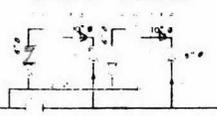
A continuación se enlistan los materiales necesarios para construir la red de tuberías para agua contra incendio, así como equipos necesarios para el combate de incendios.



SIMBOLOS

- MONITOREO PERMANENTE DE TOMAS ALTERNAS (115V/0.8 A/100 W)
- MONITOREO PERMANENTE DE TOMAS DE 0.15V/0
- MONITOR DE TOMAS ALTERNAS (115V/0.8 A/100 W)
- ▲ MONITOR DE TOMAS DE 0.15V/0
- LAMPARA DE SEÑAL

MP-175 MP-150
24-115 PSI 24-115 PSI



DETALLE - "A"

TESIS PROFESIONAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA
JESUS GUILLERMO LEON FELIX

TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION
QUERETARO, QRO. P. E. M. E. X.
SISTEMA CONTRA INCENDIO
Escala 1:750

PLANO No 3

OCTUBRE DE 1975

Partida	Cant.	Unidad	Descripción	Diámetro Nominal		Céd.	Material	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
				mm	pulg.				
30	35	m	Tuberfa de acero, sin costura, para soldar.	101.6	4	40	ASTM-A53 Gr.B.	76.55	2,679.25
31	26	m	Tuberfa de acero, sin costura, para soldar.	152.4	6	40	ASTM-A53 Gr.B.	93.30	2,425.80
32	1784	m	Tuberfa de acero, sin costura, para soldar.	203.2	8	40	ASTM-A53 Gr.B.	184.80	329,683.20
33	2	m	Tuberfa de acero, sin costura, para soldar.	254	10	40	ASTM-A53 Gr.B.	262.70	525.40
34	8	Pza.	Tramo de 7 cm. tuberfa de acero sin costura para soldar, con terminación macho cuerda estándar.	38.1	1.5	80	ASTM-A53 Gr.A.	3.50	28.00
35	40	Pza.	Tramo de 7 cm. tuberfa de acero sin costura para soldar, con terminación macho cuerda estándar.	63.5	2.5	40	ASTM-A53 Gr.B.	5.10	204.00

Partida	Cant.	Unidad	Descripción	Diámetro Nominal		Céd.	Material	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
				mm	pulg.				
36	18	Pza.	Tapón cachucha de acero para soldar.	101.6	4	40	ASTM-A234 Gr.WPA	40.00	720.00
37	2	Pza.	T de acero, para soldar.	152.4	6	40	ASTM-A234 Gr.WPA	534.00	1,068.00
38	2	Pza.	T de acero, para soldar.	203.2	8	40	ASTM-A234 Gr.WPA	913.00	10,043.00
39	4	Pza.	Codo de 90°, radio largo de acero, para soldar.	152.4	6	40	ASTM-A234 Gr.WPA	229.00	916.00
40	2	Pza.	Codo de 45°, radio largo de acero, para soldar.	203.2	8	40	ASTM-A234 Gr.WPA	318.00	636.00
41	9	Pza.	Codo de 90°, radio largo de acero, para soldar.	203.2	8	40	ASTM-A234 Gr.WPA	422.00	3,798.00
42	1	Pza.	Reducción concéntrica, de acero, para soldar.	203.2 x 152.4	8 x 6	40	ASTM-A234 Gr.WPA	142.00	142.00
43	2	Pza.	Reducción concéntrica de acero, para soldar.	254 x 203.2	10 x 6	40	ASTM-A234 Gr.WPA	308.00	616.00
44	8	Pza.	Válvula de compuerta, de 21.1 Kg/cm ² (300 PSI), de bronce, con una entrada hembra con cuerda estándar y salida macho cuerda NSHT con tapa de bronce.	38.1	1.5		ASTM-B61 SWP	700.00	5,600.00

Partida	Cant.	Unidad	Descripción	Diámetro Nominal		Céd.	Material	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
				mm	pulg.				
45	40	Pza.	Idem a lo anterior, pero de :	63.5	2.5		ASTM-B61 SWP	950.00	38,000.00
46	6	Pza.	Válvula de compuerta, con bridas cara plana de 8.8 Kg/cm ² (125 PSI), interiorde bronce y vástago ascendente.	101.6	4		Hierro fundido	1,724.00	10,344.00
47	2	Pza.	Idem. a lo anterior, pero de :	152.4	6		Hierro fundido	2,706.00	5,412.00
48	15	Pza.	Idem. a lo anterior, pero de :	203.2	8		Hierro fundido	9,706.00	145,590.00
49	2	Pza.	Válvula de retención, tipo compuerta, con interiores de bronce y bridas cara plana de 8.8 Kg/cm ² (125 PSI)	152.4	6		Hierro fundido	1,690.00	3,380.00
50	1	Pza.	Idem. a lo anterior, pero de :	203.2	8		Hierro fundido	5,420.00	5,420.00
51	1	Pza.	Brida ciega, de acero forjado, de 10.6 Kg/cm ² (150 PSI)	152.4	6		ASTM-A181 Gr.I	181.00	181.00
52	1	Pza.	Idem a lo anterior, pero de :	203.2	8		ASTM-A181 Gr.I.	365.00	365.00

Partida	Cant.	Unidad	Descripción	Diámetro Nominal		Material	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
				mm	pulg.			
53	6	Pza.	Brida cara plana, de acero forjado de 10.6 Kg/cm ² (150 PSI), con unión para soldar.	101.6	4	ASTM-A181 Gr.I	107.00	642.00
54	8	Pza.	Idem a lo anterior, pero de :	152.4	6	ASTM-A181 Gr.I.	230.00	1,840.00
55	32	Pza.	Idem a lo anterior, pero de :	203.2	8	ASTM-A181 Gr.I.	304.00	9,728.00
56	12	Pza.	Empaque cara llena - con agujeros para tornillo, de 1.588 mm (1/16 pulg) de espesor.	101.6	4	Asbesto comprimido	7.00	84.00
57	9	Pza.	Idem a lo anterior, pero de :	152.4	6	Asbesto comprimido	15.00	135.00
58	33	Pza.	Idem a lo anterior, pero de :	203.2	8	Asbesto comprimido	27.00	891.00
59	96	Pza.	Tornillo estándar, de cabeza cuadrada y 76.2 mm (3 pulg) de largo.	16	5/8	ASTM-A307	0.80	76.80
60	72	Pza.	Tornillo estándar, de cabeza cuadrada y 82.6 mm (3.25 pulg) de largo.	19.1	3/4	ASTM-A307	1.25	90.00
61	264	Pza.	Tornillo estándar, de cabeza cuadrada y 88.9 mm (3.5 pulg) de largo.	19.1	3/4	ASTM-A307	1.25	330.00
62	96	Pza.	Tuercas hexagonales	16	5/8	ASTM-A194	0.80	76.80

Partida	Cant.	Unidad	Descripción	Diámetro Nominal		Material	Precio Unitario M. N.	Importe M. N.
				mm	pulg.			
63	72	Pza.	Tuercas hexanogales	19	3/4	ASTM-A194	1.20	86.40
64	264	Pza.	Tuercas hexanogales	19	3/4	ASTM-A194	1.20	316.80
65	2	Pza.	Manómetro de un - rango de 0-14 Kg/cm ² (0-199 PSI), indicado en una carátula de 10 cm. de Ø.			Bronce	131.00	262.00
66	1	Pza.	Bomba centrífuga hori- zontal . Clave : BCH 1003 A Marca : Worthington Modelo : 6-L-3B Tipo : Caja bipartida Servicio : Agua contra- incendio. Capacidad : 4542.36 l/min.(1200 GPM) Presión succión : 38.65 PSI Presión descarga : 173.48 PSI Carga diferencial : 312 pies. NPSH desp/req. 89/10 pies. Velocidad : 1750 r.p.m. Eficiencia : 70 % Ø boquilla suc.: 10 pulg. 125 lb. F.F. Ø boquilla desc.: 6 pulg. 125 lb. F.F.				56,950.00	56,950.00

Partida	Cant.	Unidad	Descripción	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
			Material carcaza : Fo. Fo. Material impulsores : bronce Material interiores cuerpo : Fo. Fo. Material de la camisa del empaque : 11-13 % cromo Material parte de desgaste : bronce Material de la flecha : AISI-41-40 Empaque : Asbesto grafitado <u>Accionamiento</u> : motor combustión interna Marca : Rolls Royce Modelo : SF-65-C-12002 Combustible : Diesel Potencia : 175 HP	225,205.00	225,205.00
67	1	Pza.	Bomba centrífuga horizontal . Clave : BCH 1003 B Idem a lo descrito anteriormente. <u>Accionamiento</u> : motor eléctrico Tipo : Inducción, TEFC, (totalmente cerrado y enfriado por abanico) Marca : IEM Modelo: 445-T Potencia : 150 HP Velocidad : 1800 r.p.m. Corriente : 3/60/440	56,950.00	56,950.00
68	1	Pza.	Boquilla de 3.81 cm. (1½ pulg) de Ø para espuma mecánica al 3%, con manguera de succión y cuerdas NSHT	87,936.00	87,936.00
69	1	Pza.	Boquilla de 6.35 cm. (2½ pulg) de Ø para espuma mecánica al 3%, con manguera de succión y cuerdas NSHT	1,950.00	1,950.00
				2,450.00	2,450.00

Partida	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
70	2	Pza.	Boquilla de 3.81 cm. ($1\frac{1}{2}$ pulg) de \emptyset , de chorro y niebla para agua contra incendio cuerdas NSHT .	1,500.00	3,000.00
71	2	Pza	Boquilla de 6.35 cm. ($2\frac{1}{2}$ pulg) de \emptyset , de chorro y niebla para agua contra incendio cuerdas NSHT.	1,750.00	3,500.00
72	6	Pza.	Llaves Universales para acoplamiento de mangueras contra incendio de $1\frac{1}{2}$ y $2\frac{1}{2}$ pulg. de \emptyset .	30.00	180.00
73	900	L.	Líquido estabilizador de espuma mecánica de baja - expansión, para usarse en solución al 3%. Envasado en cubetas de 18.93 l. (5 gal.)	13.00	11,700.00
74	6	Pza.	Manguera de 3.81 cm. ($1\frac{1}{2}$ pulg) de \emptyset , con tubo interior de hule natural o sintético y uno o más forros exteriores tejidos de fibras sintéticas, para servicio contra incendio en instalaciones industriales, con cuerdas NSHT en sus uniones.	710.00	4,260.00
75	12	Pza.	Manguera de 6.35 cm. ($2\frac{1}{2}$ pulg) de \emptyset , con tubo interior de hule natural o sintético y uno o más forros exteriores tejidos de fibras sintéticas, para servicio contra incendio en instalaciones industriales, con cuerdas NSHT en sus uniones.	890.00	10,680.00
76	6	Pza.	Monitor con brida de entrada de 102 mm (4 pulg. de \emptyset , 150# ANSI, cara plana, con salida macho de 6.35 cm. ($2\frac{1}{2}$ pulg) de \emptyset cuerda NSHT, con rotación horizontal de 360° y de 120° en el plano vertical, dispositivo para operar y fijar la posición que se desee, con boquilla para agua con un gasto de 1135.59 l/min (300 GPM) a una presión de 7.03 Kg/cm ² (100 PSI)	7,250.00	43,500.00

Partida	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario M.N.	Importe M.N.
77	1	Pza.	Proporcionador en línea de 3.81 cm. (1½ pulg) de Ø, cuerdas NSIIT para espuma mecánica al 3% con manguera de succión, de un gasto de 227 l/min. (60 GPM) a una presión de 7.03 Kg/cm ² (100 PSI)	1,500.00	1,500.00
78	1	Pza.	Proporcionador en línea de 6.35 cm. (2½ pulg) de Ø, cuerdas NSHT para espuma mecánica al 3% con manguera de succión, de un gasto de 454.24 l/min (120 GPM) a 7.03 Kg/cm ² (100 PSI).	2,000.00	2,000.00
T O T A L :					1'094,096.45

CAPITULO VIII

ANALISIS DE COSTOS

El presente estudio persigue obtener el costo estimativo de la segurdad en la Planta.

Para determinar este punto, se toma en cuenta tanto el costo de equipos y dispositivos de seguridad, así como el costo de instalación y la operación del sistema.

1.- COSTO DE EQUIPOS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

De acuerdo a las listas de materiales, presentadas en los Capítulos IV, V, VI y VII, los costos de adquisición son los siguientes :

Descripción del Equipo	C o s t o (M . N .)
Extintidores	48,004.25
Dispositivos de seguridad para los tanques de almacenamiento y sistema hidráulico.	213,312.50
Sistema de protección contra-incendio.	1,299,868.35
IMPORTE TOTAL :	1,561,185.10

1.1 Costo del Equipo Instalado.-

$$P_i = 1.43 P_E$$

En donde :

P_i = Costo del equipo instalado

P_E = Costo de adquisición del equipo entregado

$$P_i = 1.43 (1,561,185.10)$$

$$P_i = 2,232,494.6 \text{ M.N.}$$

2.- COSTOS ANUALES

2.1 Costo de Depreciación del Equipo.-

Considerando una depreciación lineal a 10 años y el valor de rescate de 10 % del costo del equipo instalado, tenemos :

$$D = \frac{P_i - 0.1 P_i}{10} ; \text{ en donde } D = \text{Depreciación}$$

Sustituyendo valores :

$$D = \frac{2,232,494.6 - 0.1 (2,232,494.6)}{10}$$

$$D = \frac{2,009,245.20}{10}$$

$$D = \underline{200,924.52} \text{ M.N.}$$

2.2 Costos de Operación y Mantenimiento. -

2.2.1 Costos de Operación. -

Estos costos de operación abarcan lo referente a los salarios de los operadores. En esta Planta se necesitan tres trabajadores de tiempo completo y uno de medio tiempo, alternándose por ciclo de turno.

El salario percibido anualmente por un trabajador (categoría, ayudante contra-incendio) es :

\$ 79,987.32, que al multiplicarse por 3.5 se obtiene la erogación anual por concepto de salarios.

Salario anual = \$ 79,987.32 (3.5)

Salario anual = \$ 279,955.62

2.2.2 Costos de Mantenimiento. -

Se considera el 3% del costo de instalación.

Costo mantenimiento anual = \$ 2,232,494.6 (0.03)

Costo mantenimiento anual = \$ 66,974.84

3.- COSTO TOTAL ANUAL

Costo de Depreciación	\$ 200,924.52
Costo de Operación	279,955.62
Costo de Mantenimiento	<u>66,974.84</u>
T O T A L :	\$ 547,854.98

CAPITULO IX

C O N C L U S I O N E S .

Los sistemas de Seguridad propuestos en el presente trabajo, ayudan a eliminar en lo posible los accidentes y a obtener una operación confiable de la planta.

Con respecto a los aspectos técnicos tratados, se deben considerar los referentes a la capacitación de los trabajadores. Por lo que en la empresa relacionada con el trabajo, es indispensable que se cuente con personas dedicadas a la investigación de las medidas de seguridad para eliminar los riesgos de accidentes y condiciones inseguras, así como para la programación de campañas de seguridad.

A través de la experiencia y estudios, se han desarrollado medidas de seguridad industrial, las cuales se transmiten a los trabajadores por medio de boletines informativos, además frecuentemente se recomienda a los técnicos en Seguridad visitar los centros de trabajo con el fin de adiestrar al personal en el funcionamiento de los equipos, así como en la forma de usarlos, e indicarles la ropa adecuada que deben usar en las maniobras de llenado de autotanques, tambores, etc., exponiéndoles las razones de su uso.

Cada centro de trabajo debe de contar con un Reglamento de Seguridad y Contraincendio, y el personal que intervenga debe estar familiarizado con el mismo, de esta forma el beneficio es completo, ya que, se minimizan los errores humanos en la realización de los riesgos y oportunamente se extinguiría cualquier conato de incendio.

La observancia de lo descrito en los Reglamentos de Seguridad está encargada a las Comisiones Locales Mixtas de Seguridad e Higiene de conformidad con lo establecido en la Ley Federal de Trabajo; teniendo ésta la facultad de expulsar a trabajadores que no cumplan con lo asentado en los Reglamentos.

También es necesario e indispensable contar con un departamento de mantenimiento, mismo que se encarga de tener en condiciones óptimas el equipo de Seguridad, siendo necesario que el personal de dicho departamento esté a la expectativa de los avances logrados en medidas de Seguridad con objeto de que esté en condiciones de sugerir de inmediato a los funcionarios competentes la implantación de equipos que presten una mayor eficiencia en el desarrollo del trabajo.

Las erogaciones que se hagan en los equipos, dispositivos e instalaciones de Seguridad industrial y las demás que sean necesarias para el funcionamiento de seguridad de la planta, no son comparables con las vidas humanas y con la preservación del buen funcionamiento de la misma, así como en el beneficio que tiene la comunidad para el desarro-

llo normal de sus actividades.

Por último como se observa en el trabajo, la Ingeniería de Seguridad Industrial aborda un factor importante en la determinación de los equipos, instalaciones y demás dispositivos usados en la planta debido a las características de los mismos, sobresaliendo el auxilio de la Ingeniería Química, ya que esta estudia el comportamiento de los productos manejados.

BIBLIOGRAFIA

1. Armistead George Jr.
Safety in Petroleum Refining and Related Industries.
2da. Edición.
2. Boletines de Seguridad Industrial, Petróleos Mexicanos.
No. 26 El Fuego y sus causas.
No. 27 Sistemas Fijos para protección contraincendio.
3. Brodie.
Back Pressure Regulator.
Bulletin No. 763.
4. Consolidated.
Safety Relief Valves.
Catalog No. 1900 B.
5. Crane Co. ²
Flow of Fluids.
Ila. Impresión 1970.
6. Engineering Manual.
NATIONAL AER-O-FOAM.
Fire Protection Systems.
7. Especificaciones Generales para proyectos de Obras, Petróleos Mexicanos.
Norma No. 2-607.21, Sistemas para agua de Servicio Contraincendio.
8. Fire Protection, Hand Book.
9. Ladish, Catalog No. 55.
Controlled Quality Fittings.
10. National Fire Codes.
Vol. 1, Flammable liquids, boiler furnaces ovens.
Vol. 6, Sprinklers, fire pumps & water tanks.
Vol. 7, Alarm Special extinguishing systems.
11. Normas de Seguridad, Petróleos Mexicanos.
AII-2 Protección contraincendio de las Agencias Regionales de Ventas y de las Bodegas Foráneas con capacidad de almacenamiento de (50,000 Bls.).

- AVII-1 Materiales de tubería para Agua Dulce contraincendio.
- AVII-10 Extinguidores portátiles contraincendio.
- AVII-30 Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico en las instalaciones de Terminales, Agencias de Ventas y ductos de Transporte.
12. Perry H. John.
Manual del Ingeniero Químico.
Mc. Graw Hill, 3a. Ed. 1966.
13. Riegel.
Manual de Química Industrial.
Ed. Grijalvo, 1a. Ed. en Español 1964.
14. Varec Equipment, Handbook and Catalog.