



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ A R A G O N ”

**ANALISIS DEL MECANISMO DE SEGURIDAD Y PROTECCION  
CONTRAINCENDIO DE LOS TANQUES ESFERICOS QUE  
ALMACENAN GLP DE LA REFINERIA “MIGUEL HIDALGO”**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

Presenta:

**DAVID MARTINEZ GONZALEZ**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

	Pagina
INTRODUCCION . . . . .	1
CAPITULO I "GENERALIDADES" . . . . .	3
1.1    RECIPIENTES ESFERICOS . . . . .	3
1.1.1    SELECCION . . . . .	3
1.1.2    CONDICIONES DE DISEÑO . . . . .	4
1.1.3    CONSIDERACIONES . . . . .	5
1.1.4    SISTEMA DE SEGURIDAD EN LA OPERACION DEL GLP . . . . .	6
1.1.5    INSTRUMENTACION . . . . .	6
1.2    GAS LICUADO DE PETROLEO . . . . .	8
1.2.1    CARACTERISTICAS . . . . .	8
1.2.2    TOXICIDAD . . . . .	9
1.2.3    AGRESIVIDAD . . . . .	9
1.2.3.1    FENOMENO 'BLEVE' . . . . .	10
1.2.3.2    COMPORTAMIENTO DEL PROPANO ANTE UN CALENTAMIENTO Y DESPRESURIZACION BRUSCA . . . . .	11
1.3    TEORIA DEL FUEGO . . . . .	13
1.3.1    LA COMBUSTION . . . . .	13
1.3.2    PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES . . . . .	13
1.3.3    EXTINCION DEL FUEGO . . . . .	14
1.3.4    CLASIFICACION DE INCENDIOS . . . . .	14
1.3.5    EL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR . . . . .	15
1.3.5.1    MEDIOS DE APLICACION . . . . .	15
1.4    CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS Y SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO . . . . .	18
1.4.1    CONSIDERACIONES . . . . .	18
1.4.2    ATMOSFERAS PELIGROSAS . . . . .	19
1.4.3    AREAS PELIGROSAS . . . . .	20
1.4.4    EQUIPO ELECTRICO . . . . .	21

1.5	PROTECCION CONTRA INCENDIO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES . . . . .	23
1.5.1	RECOMENDACIONES GENERALES . . . . .	23
1.5.2	RECUBRIMIENTOS A PRUEBA DE INCENDIO . . . . .	23
1.5.3	PRUEBAS Y CALIFICACIONES . . . . .	25
1.6	SISTEMA DE BLOQUEO HIDRAULICO AUTOMATICO . . . . .	26
1.7	SISTEMAS DE ALIVIO DE PRESION . . . . .	27
1.7.1	VALVULA DE SEGURIDAD Y ALIVIO . . . . .	27
1.7.1.1	PRINCIPIO DE OPERACION DE LAS VALVULAS DE SEGURIDAD Y ALIVIO . . . . .	28
1.8	DETECTORES DE GAS . . . . .	29
1.8.1	INSTRUMENTOS ELECTRICOS DE LECTURA DIRECTA . . . . .	30
1.8.1.1	DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS . . . . .	31
1.8.1.2	CIRCUITO DE UN PUENTE DE WHEATSTONE . . . . .	31
1.8.1.3	OBSERVACIONES . . . . .	31
1.9	DRENAJES . . . . .	32
1.9.1	DRENAJES EN AREAS DE ALMACENAMIENTO . . . . .	33
1.9.1.1	DRENAJE PLUVIAL . . . . .	33
1.9.1.2	DRENAJE ACEITOSO . . . . .	34
1.9.1.3	SELLO HIDRAULICO . . . . .	34
 <b>CAPITULO II "DESCRIPCION DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y PROTECCION CONTRAINCENDIO ACTUAL" . . . . .</b>		 <b>35</b>
2.1	DESCRIPCION DEL MANEJO DEL GLP EN LA REFINERIA "MIGUEL HIDALGO" . . . . .	35
2.1.1	ALMACENAMIENTO . . . . .	36
2.1.2	UBICACION . . . . .	36
2.1.3	LISTA DE EQUIPO . . . . .	37
2.2	MEDIDAS GENERALES DE SEGURIDAD Y PROTECCION CONTRAINCENDIO . . . . .	37
2.3	SISTEMA DE AGUA CONTRAINCENDIO . . . . .	41
2.3.1	INSTALACIONES PARA ENFRIAMIENTO . . . . .	42
2.3.2	SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA ENFRIAMIENTO . . . . .	44

<b>CAPITULO III "MODIFICACION DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y PROTECCION CONTRAINCENDIO"</b> . . . . .	<b>46</b>
<b>3.1 DELIMITACION DE AREAS</b> . . . . .	<b>46</b>
<b>3.2 EQUIPO ELECTRICO</b> . . . . .	<b>47</b>
<b>3.3 SISTEMAS DE COEXION A TIERRA</b> . . . . .	<b>49</b>
<b>3.4 DISTANCIA ENTRE TANQUES</b> . . . . .	<b>51</b>
<b>3.5 MUROS DE CONTENCIÓN</b> . . . . .	<b>52</b>
<b>3.6 CANTIDAD Y DISTRIBUCION DE EXTINGUIDORES PARA     INCENDIOS</b> . . . . .	<b>53</b>
<b>3.7 CALCULO DEL SISTEMA CONTRAINCENDIO</b> . . . . .	<b>59</b>
<b>3.7.1 CALCULO DEL SISTEMA DE ASPERSORES Y REQUERIMIENTO     DE AGUA PARA ENFRIAMIENTO</b> . . . . .	<b>59</b>
<b>3.7.2 INSTALACIONES PARA ENFRIAMIENTO</b> . . . . .	<b>61</b>
<b>3.7.3 CALCULO DE LA TUBERIA</b> . . . . .	<b>62</b>
<b>3.7.4 RED DE AGUA CONTRAINCENDIO</b> . . . . .	<b>64</b>
<b>3.7.5 EQUIPO DE BOMBEO</b> . . . . .	<b>67</b>
<b>3.7.6 FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRAINCENDIO</b> . . .	<b>70</b>
<b>3.8 DRENAJES</b> . . . . .	<b>72</b>
<b>3.8.1 CALCULO DEL DRENAJE</b> . . . . .	<b>72</b>
<b>3.8.2 CRITERIO DE CALCULO PARA DRENAJES</b> . . . . .	<b>75</b>
<b>3.9 SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA ENFRIAMIENTO</b> . . .	<b>79</b>
<b>CAPITULO IV "EVALUACION DE RIESGOS"</b> . . . . .	<b>81</b>
<b>APENDICE A</b> . . . . .	<b>87</b>
<b>CONCLUSIONES</b> . . . . .	<b>129</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> . . . . .	<b>131</b>

## I N T R O D U C C I O N

El 19 de noviembre de 1984 tuvo lugar uno de los desastres más devastadores que hayan sucedido en los últimos 30 años, al explotar la terminal de -- ventas de Gas Licuado de Petróleo, propiedad de Petróleos Mexicanos, localizada en San Juan Ixhuatepec, Edo. de México.

En la actualidad se dan dos explicaciones: Uno de los informes dice que -- se fugó el butano que estaba siendo cargado en un camión de transporte desde una zona de carga. El líquido derramado se vaporizó formando una nube de vapor que cubrió el área de carga, a un edificio cercano de llenado de cilindros y varios almacenes. Al hallar una fuente de ignición los vapores se --- prendieron y el fuego se mantuvo durante 10 a 15 minutos exponiendo severamente al tanque del camión, lo que condujo a la explosión. El tanque del camión voló aproximadamente 120 metros chocando y rompiendo una de las cuatro esferas de butano con capacidad de 30 mil bls. Casi simultáneamente ocurrió la rotura de una segunda esfera adyacente, posiblemente como resultado de la proyección de algún objeto. El contenido del tanque incendió un radio de 180 a 250 metros. El incendio fué casi simultaneo creando una bola de fuego que se estimó en 600 metros de diámetro.

Un grupo de 40 salchichas de 15 mil litros cada una, muchas de las cuales estaban vacías, estaban ubicadas cerca de las esferas. Algunas fueron arrancadas de sus soportes por la explosión. Los incendios que se dieron en las líneas rotas y en las válvulas, permitieron la incidencia de las llamas en otros tanques causando las explosiones subsiguientes. Un tanque se disparó -- 600 metros de la terminal. Los camiones transportistas de Gas Licuado de Petróleo que estaban en fila esperando entrar a la terminal se incendiaron por la bola de fuego inicial.

El otro reporte dice que la terminal estaba recibiendo Gas Licuado de Petróleo a través de una tubería de 12 pulgadas para su almacenamiento en cuatro salchichas de 15 mil litros y que uno o más de los tanques se sobrellenaron y se rompieron. Los intentos de cerrar las válvulas del orificio de entrada del tanque fueron infructuosos. Según se informó, el encendido que tuvo lugar 15 minutos después, provino de un mechero de 30 metros de altura lo calizado a 60 metros de allí.

Este suceso nos da un ejemplo de la gran magnitud que puede tener una explosión y de los destrozos que puede producir el mal manejo del Gas Licuado de Petróleo. Es por esto, que el objetivo de realizar este estudio es conocer el sistema de seguridad y de protección contraincendio que existe en la planta de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo de la Refinería "Miguel Hidalgo", y poder evaluar el riesgo de que ésta también pueda desaparecer: - ya sea por una mala operación de los tanques de almacenamiento y/o una deficiente protección contraincendio de esas instalaciones.

Para evaluar dicho riesgo, se tendrán que analizar cada uno de los puntos que implican tanto al sistema de seguridad como al de protección contraincendio existentes y compararlos con las Normas y Códigos Internacionales aplicables a las terminales y plantas de almacenamiento de Gases Licuados de Petróleo.

Pero el fin no es decir que punto no cumple con tal Norma, sino también - mencionar las desventajas y problemas que tal situación puede provocar, y de acuerdo a esto ver si éstas pudieran significar mantener un riesgo de cuidado. En caso contrario sería proponer la o las modificaciones que sean necesarias para contar con un seguro, correcto y funcional sistema de seguridad y protección contraincendio.

## C A P I T U L O — I

### "GENERALIDADES"

#### 1.1 RECIPIENTES ESFERICOS

En una refinería se llevan a cabo distintos procesos industriales para la transformación del petróleo bruto por medios físicos y químicos, y estos procesos requieren del manejo y del almacenamiento de grandes cantidades de este elemento y de sus derivados; realizando esto en recipientes de distintas configuraciones.

Los recipientes pueden ser calificados conforme a su servicio, de acuerdo a su presión y temperatura de trabajo, al tipo de material con que se construye, la geometría del recipiente o la manera en que vayan a ser instalados.

Los tipos más comunes de recipientes se pueden clasificar principalmente en recipientes horizontales, verticales y esféricos.

Los recipientes horizontales son aquellos que descansan sobre dos soportes (silletas). Un recipiente horizontal clásico es el denominado "salchi—cha". Normalmente se utilizan como Acumuladores ya sea de reflujo de vapor, de substancias que provengan de equipos especiales, etc.

Dentro de los recipientes verticales se encuentra una gran variedad, aunque los normalmente usados son los Reactores y las Torres. Existen otros que trabajan comunmente a presiones atmosféricas y su función es la de almacenar productos ya refinados.

Los recipientes esféricos se usan para el almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos bajo presión, tales como gas natural, butano, amoniaco y muchos productos petroquímicos.

##### 1.1.1 SELECCION

Usualmente para la selección apropiada de un recipiente, intervienen los



siguientes factores:

- La función y localización del recipiente,
- Las características del fluido,
- La temperatura y presión de operación,
- El volumen necesario a almacenar o la capacidad de procesamiento.

El propano, el butano o las mezclas de ambos, se almacenan en estado líquido en recipientes a presión, utilizándose generalmente como recipientes de almacenamiento tanques cilíndricos horizontales y tanques esféricos.

Se almacenan en tanques esféricos aquellos productos cuya presión de vapor (se entiende como presión de vapor a la presión ejercida por un líquido volátil contenido en un recipiente cerrado al evaporarse parte del líquido y establecerse el equilibrio de las fases líquido-vapor) sea superior a  $1 \text{ Kg/cm}^2$  — ( $14 \text{ lb/pulg}^2$ ) pero que no exceda de  $8.8 \text{ Kg/cm}^2$  ( $125 \text{ lb/pulg}^2$ ).

En tanques horizontales con casquetes semiesféricos o elipsoidales, se almacenan aquellos productos cuya presión de vapor a la temperatura ambiente sea superior a  $8.8 \text{ Kg/cm}^2$  ( $125 \text{ lb/pulg}^2$ ) pero que no exceda de  $21 \text{ Kg/cm}^2$  — ( $300 \text{ lb/pulg}^2$ ). (\*15)

### 1.1.2 CONDICIONES DE DISEÑO

Las esferas y tanques cilíndricos son diseñados de acuerdo con lo señalado en los Códigos API (American Petroleum Institute) Std. 2510, ASME (American Society of Mechanical Engineers) Sección VIII Div. 1 y 2, y el Código de Seguridad para Gases Licuados de Petróleo parte 9 del Instituto del Petróleo de los Estados Unidos.

Todos los diseños, fabricación, pruebas e inspección de recipientes a presión se basan en un Código; en la mayoría de los países, incluyendo al nuestro, ha llegado a ser como una ley la cual dictamina los requerimientos mínimos para cualquiera de las fases mencionadas.

Basándose en lo anterior, los países más altamente industrializados cuentan con códigos propios dentro de los cuales se considera el Código ASME, — que es el que rige actualmente en los Estados Unidos para la construcción de calderas y otros recipientes a presión, dando además especificaciones para su cuidado en servicio.

La Sección VIII del Código ASME contiene dos divisiones: la División 1 que cubre el diseño de los recipientes a presión no sujetos a fuego directo, y la División 2 que contiene otras alternativas para el cálculo de recipientes a presión.

Las reglas que constituyen esta Sección VIII del Código han sido establecidas en base a la práctica en el diseño y construcción de recipientes para servicio de presiones que no excedan de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  ( $3000 \text{ lb/pulg}^2$ ). Para presiones mayores es indispensable además de cubrir estas reglas hacer modificaciones congruentes con el tipo de recipiente.

El propósito del Standard 2510 del API es presentar los requisitos mínimos para el diseño y construcción de instalaciones para el almacenamiento y manejo de Gas Licuado de Petróleo terminado en terminales marinas y de gasoductos, plantas de procesamiento de gas natural, refinarías, plantas petroquímicas y zonas de tanques (plantas de almacenamiento).

El Código de Seguridad para Gases Licuados de Petróleo parte 9 del Instituto del Petróleo de los Estados Unidos, define métodos para la protección de personas y propiedades relacionadas con el manejo y aprovechamiento de este gas.

Aunado a estos Códigos, también se contempla el Standard 59 de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA 59) que se refiere al Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados de Petróleo para plantas de utilización de gas. Donde se da una guía para la protección de personas e instalaciones involucradas con el manejo de Gas Licuado de Petróleo.

### 1.1.3 CONSIDERACIONES

Los tanques esféricos están diseñados de acuerdo al producto que van a almacenar. Para este propósito se consideran tres grupos:

- Propano y mezclas
- Butanos
- Propileno

Para el diseño de las instalaciones de almacenamiento de Gases Licuados de Petróleo se considerarán dos sistemas:

- 1) Recibo de Poliductos.
- 2) Recibo de Plantas.

En el diseño de los tanques esféricos involucrados en el recibo y almacenamiento de Gases Licuados de Petróleo proveniente de poliductos, se considera a este gas como de alta presión. Y del proveniente de plantas se considera la posibilidad de que se tenga gas de baja o de alta presión. Para el propano se considera que su presión de vapor es superior a la presión del de alta.

#### 1.1.4 SISTEMA DE SEGURIDAD EN LA OPERACION DEL GLP

Para el manejo de GLP es de suma importancia cumplir con los siguientes puntos (\*2):

- a) No recibir en los tanques esféricos más del 70% del nivel del líquido.
- b) Disponer siempre de dos esferas vacías para el manejo de la producción de las plantas o cualquier eventualidad que pudiera presentarse.
- c) Recibir el poliducto simultáneamente en dos esferas para absorber los incrementos de presión y evitar sobrepresionar los recipientes.
- d) No tener recipientes recibiendo y entregando a la terminal de ventas, esto es para evitar riesgos de sobrepresionamiento es ésta última, - debido a incrementos en la presión del poliducto.
- e) Tener un muestreo continuo del poliducto, analizando corrosión y composición.
- f) No entregar productos a la terminal de ventas sin análisis previo.
- g) Registrar las condiciones de operación de todos los tanques cada hora, aunque no se encuentren en movimiento.
- h) Todos los trabajos que se realicen en el área deben estar amparados por una solicitud de trabajo en la cual interviene para su análisis el grupo técnico del sector.

#### 1.1.5 INSTRUMENTACION

Todos los recipientes que almacenan GLP (\*1) deben contar con la siguiente instrumentación: (Fig. 1-1 Pag. 88 )

Para el Control de Presión

1. Indicador de presión local, conectado al espacio vapor del recipiente.
2. Indicador registrador en tablero.
3. Línea de igualación, con línea de venteo de incondensables, provista de válvula manual.

Para el Control de Nivel

1. Indicador de nivel local.
2. Controlador registrador de nivel, con señal en el tablero.
3. Alarma de alto y bajo nivel, independientemente los sensores del indicador de nivel.

Para el Control de Temperatura

1. Indicador de temperatura local.
2. Indicador de temperatura con señal en el tablero.
3. Alarma por alta temperatura con señal en el tablero.

Para el Control de Flujo

Sí el recibo de GLP proviene de poliductos, se debe instalar un sistema general para todos los recipientes, consistente en un controlador-registrador de flujo y alarma por alto flujo con señal al tablero.

Adicional a lo anterior, se debe de contar con lo siguiente:

1. Sistema de cierre hidráulico automático.
2. Detectores de gases por zonas o equipos, con alarmas a cuartos de control, que accionen el control remoto de los sistemas de aspersión contraincendio también por zonas o equipos, de acuerdo a un análisis casuístico.
3. En líneas de purgas, invariablemente se debe tener doble bloqueo.
4. El número de boquillas de entrada y salida de producto en los recipientes esféricos deberá ser el mínimo posible, sin menoscabo de las prácticas de operación.

## 1.2 GAS LICUADO DE PETROLEO

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) se utiliza actualmente y con gran demanda en instalaciones de aprovechamiento doméstico, comercial e industrial. En procesos en los cuales se requiere de gran cantidad de energía térmica: como lo es en los hornos para procesamiento de metales, vidrios, cerámicas, -- pasteurización, corte de metales, etc.

Se obtiene directamente de los mantos petrolíferos mezclado con el petróleo crudo. También se obtiene en una proporción secundaria en algunos procesos de la refinación del petróleo.

### 1.2.1 CARACTERISTICAS

El término "Gas Licuado de Petróleo" se refiere a aquel gas cuya composición está formada predominantemente por cualquiera de los siguientes hidrocarburos o mezcla de ellos: propano, propileno, butanos (butano normal o isobutanos), butilenos y en menor cantidad hidrocarburos más pesados.

Bajo presiones moderadas los gases licuan, pero al relevar la presión pasan rápidamente a la fase gaseosa; del mismo modo bajo temperaturas moderadamente bajas, los gases se licuan. Al escapar líquido a la atmósfera, normalmente se vaporiza de manera instantánea, siendo el volumen del gas entre 200 y 300 veces el volumen del líquido. En el estado gaseoso estos gases -- son más pesados que el aire y tienen un rango de inflamabilidad más pequeño que el gas natural y manufacturado.

El GLP en forma líquida es incoloro, inodoro, con peso específico de -- 0.508 para el propano y de 0.584 para el butano, tomando como referencia el del agua que es de 1.00 y con temperatura de ebullición de -42°C y de 0.5°C respectivamente. Los límites de explosividad del propano son de 2.2% a 9.5% y del butano de 1.9% a 8.5% en volumen (esto es, en estado gaseoso y mezclados con aire).

El GLP es inodoro, por tal motivo y siendo importante detectar cualquier fuga durante su transporte, almacenamiento o uso, por el peligro que representa su inflamabilidad, se les somete a un tratamiento de odorización, el

cual consiste en la adición de "MERCAPTANOS", substancias orgánicas azufradas, las cuales producen ese olor penetrante y desagradable con el cual se identifica fácilmente. Los gases deben ser detectables con una concentración en aire no mayor a una quinta parte del límite menor de inflamabilidad. El odorizante no es completamente efectivo en todas las circunstancias.

La experiencia muestra que el ETIL-MERCAPTANO en una proporción de 0.45 Kg (1 lb) por 3/800 litros (1000 Galones) de GLP (líquido) es un odorizante seguro.

El propano, el butano y las mezclas de ambos, se manejan comunmente en la industria como líquidos a temperatura ambiente y a presiones que oscilan entre 3.5 y 14.0 Kg/cm<sup>2</sup> (50.0 y 200 lb/pulg<sup>2</sup>), desde las plantas de proceso hasta las terminales de almacenamiento y en igual forma se distribuye a los usuarios.

Es necesario notar que tanto el propano como el butano o sus mezclas en estado gaseoso son más pesados que el aire, de tal manera que si estos hidrocarburos se fugan del recipiente, formarán una nube que bajará manteniéndose a ras del suelo y no se disipará fácilmente en la atmósfera sino mediante una ventilación muy eficiente ya sea natural o provocada.

En el Apéndice A (Pag. 87) se enlistan las principales propiedades del GLP comercial (\*15,\*16,\*17).

1.2.2 TOXICIDAD

Tanto el propano como el butano no son tóxicos y están clasificados como asfixiantes simples; en concentraciones altas desplazan al aire (oxígeno) presente, por consiguiente los efectos nocivos se deberán a la privación de oxígeno, lo cual causa asfixia.

1.2.3 AGRESIVIDAD

Debido a que los gases licuados de petróleo tienen que manejarse, almacenarse y transportarse bajo presión, esta característica aumenta su peligrosidad sino se utilizan los procedimientos y equipos adecuados.

### 1.2.3.1 FENOMENO BLEVE

La explosión de recipientes expuestos a fuego en un incendio, algunas veces conocido como B.L.E.V.E. (EXPLOSION POR EXPANSION DE VAPORES DE UN LIQUIDO EN EBULLICION), ha causado victimas comparadas con aquellas explosiones - de nubes gaseosas (flamazos).

En la investigación de incidentes en los cuales han explotado recipientes, el personal investigador usualmente principia asumiendo que los sistemas de relevo no operaron, solamente despúes de que dichos sistemas de relevo han - demostrado estar en condiciones satisfactorias; es cuando la alta temperatura se ha tomado en consideración como causa de la falla.

Por ejemplo, en 1966 en Feyzin, Francia ocurrió una fuga en un tanque de almacenamiento de 2000 m<sup>3</sup> de propano a una presión de 8.8 Kg/cm<sup>2</sup>; al prenderse la fuga, esta ardió bajo la esfera. El cuerpo de contraincendio recibió instrucciones para usar agua en el enfriamiento de los recipientes cercanos, se consideró en esos momentos que la válvula de seguridad protegería el recipiente incendiado; para apoyar éste último punto de vista, la válvula de relevo actuó después de 1 hora y media del incendio, el recipiente explotó y una ola de propano ardiendo barrió con el cuerpo de bomberos, extendiendose el - fuego sin poder controlarlo. (\*7)

El recipiente explotó porque la parte superior no humedecida por agua de contraincendio recibió un calentamiento a tal temperatura que bajo la resistencia del acero; abajo del nivel líquido, el líquido en ebullición absorbió el calor evitando que el acero se calentara demasiado. Bajo estas condiciones, el recipiente no pudo soportar la presión interna.

Cuando una explosión de este tipo ocurre, las heridas y los daños pueden ser causados de 4 diferentes maneras:

- 1) Los trozos del recipiente a presión vuelan en todas direcciones con gran fuerza, causando heridas y muertes a personas distantes hasta - 300 metros o más del lugar de la explosión.
- 2) La presión del gas que escapa en ese momento puede lastimar a personas que no fueron tocadas por los proyectiles antes descritos. Los edificios y las estructuras pueden ser dañadas por este mismo motivo.

- 3) El gas que en el momento de la explosión escapa, se inflama y el calor radiante alcanza tal intensidad que produce serias heridas a -- personas e incendia edificios.
- 4) El gas o líquido al escapar se mezcla con el aire y explota produciendo una segunda onda de presión que aumenta los daños alrededor.

### 1.2.3.2 COMPORTAMIENTO DEL PROPANO ANTE UN CALENTAMIENTO Y DESPRESURIZACION BRUSCA

La Gráfica 1-1 (Pag. 89 ) representa las curvas de equilibrio del líquido /gas del propano en función de la presión y la temperatura, y por otro lado se representa ahí mismo la línea límite de sobrecalentamiento (superheat limit locus) que representa el límite a partir del cual el propano líquido --- puede existir sin que se produzca la nucleación espontanea, ni, por lo tanto la explosión BLEVE. A partir de dicha línea, la nucleación tiene lugar instantáneamente, con lo que la explosión BLEVE es posible.

Sí tenemos un depósito de propano a la temperatura ambiente (20°C), viendo la curva de equilibrio a una presión de unas 8 ó 9 atm., existen, pues, condiciones de saturación. Supongamos que las paredes de este depósito accidentalmente entran en contacto con un fuego o foco de calor, la temperatura aumentará y por lo tanto, la presión también. Llegando la temperatura a unos 40°C situándose en las condiciones del punto B. Sí en ese momento, bien por impacto o por falla del material o por cualquier otra causa, se abre una grieta o agujero, la presión descenderá bruscamente según una línea vertical hasta alcanzar las condiciones del punto E. Aunque, como se ha indicado antes, en los primeros momentos no habrá en la masa del propano suficientes núcleos indicadores de la ebullición, con lo que se producirá el equilibrio: no habrá BLEVE, ya que el líquido no está en la zona donde suele producir la nucleación espontanea. Pasados unos instantes y debido a dicho desequilibrio ocurrirá una ebullición violenta del líquido, pero como no se habrá alcanzado la línea de sobrecalentamiento, no es espontánea. Por supuesto que se evaporizará una gran cantidad de propano en pocos segundos, se producirán efectos violentos e incluso, puede fracturarse el recipiente y producir otros daños en el lugar, pero no habrá la temida explosión por la expansión del vapor.



Sí por el contrario, no se produce el relajamiento del depósito -vaporización menos violenta- por el agujero o grieta, saldría propano que probablemente sí encuentra una chispa o una llama, entraría en ignición. En ningún momento de estos dos supuestos casos, se habría producido una BLEVE.

Supongamos como una segunda hipótesis que el fallo del material ocurre en las condiciones del punto C, es decir, a unos 55°C; tampoco en un primer momento, como en el caso anterior, hay suficientes núcleos para iniciar la vaporización. Sucede que entonces su rápida despresurización tendrá lugar en la línea vertical hasta una presión de 3.3 atm. donde si se producirá la nucleación espontánea al haber alcanzado la línea de sobrecalentamiento, pudiendo entonces ocurrir una explosión BLEVE en una fracción de segundos.

La energía de esta explosión es función directa de la masa total del fluido que tuviere el depósito y de la diferencia de presión, entre la presión de vapor del punto donde se halle en equilibrio en aquel momento y la correspondiente presión marcada en la curva de sobrecalentamiento (donde corta la vertical).

Es curioso pues, comprobar que la explosión BLEVE, para la misma masa, puede ser más violenta si la falla del depósito tiene lugar a temperaturas y presiones bastante más bajas que las del punto crítico, que en las proximidades de este y eso aunque la energía acumulada cerca del punto crítico sea, paradójicamente, bastante mayor.

### 1.3 TEORIA DEL FUEGO

#### 1.3.1 LA COMBUSTION

El fuego se define como la oxidación rápida de los materiales con desprendimiento de luz y calor.

Esta definición se refiere al fenómeno químico llamado COMBUSTION, en la cual se combina el combustible y el oxígeno del aire que junto con la presencia de energía, como el calor, dan comienzo a una reacción química llamada - FUEGO.

De lo anterior podemos deducir que para que exista el fuego vamos a necesitar reunir tres factores, que son:

1. Vapores Combustibles,
2. Oxígeno (del aire) y
3. Energía (calor).

La reunión de estos tres factores siempre nos producirá fuego.

#### 1.3.2 PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES

El combustible para poder arder, se debe encontrar en forma de vapor, lo que nos muestra la importancia de la temperatura a la que empieza a desprender vapores un combustible. A esta temperatura se le llama "PUNTO DE FLAMA" o "FLASH POINT".

Otro dato importante de los combustibles es el "PUNTO DE AUTOIGNICION", - que es la temperatura a la cual el material entra en combustión sin necesidad de flama directa o fuente de calor.

Para que los vapores combustibles puedan entrar en combustión, se requiere que se encuentren dentro de un rango de mezclas de vapor combustible-aire. A esta proporción se le conoce como RANGO INFLAMABLE o EXPLOSIVO. Si la cantidad de vapores combustibles es poca en el aire, se dice que estamos abajo del LIMITE INFERIOR DE EXPLOSIVIDAD (LIE o LEL) y si la cantidad de vapores combustibles es muy alta y poco aire, se dice que estamos arriba del LIMITE SUPERIOR DE EXPLOSIVIDAD (LSE o UEL). (\*14)

### 1.3.3 EXTINCION DEL FUEGO

La extinción del fuego se basa en eliminar uno de los tres factores necesarios para que exista el fuego; teniéndose así tres métodos para la extinción del fuego:

1. ENFRIAMIENTO. Este método se basa en la eliminación de calor para evitar que continúe la combustión. Un agente que absorbe gran cantidad de calor, enfriando en forma eficiente, es el AGUA.
2. SOFOCAMIENTO. Consiste en evitar que entren en contacto el oxígeno del aire y los vapores combustibles; esto se logra en dos formas: la primera se basa en crear una atmósfera inerte (exenta de oxígeno) por medio de agentes extintores como el Bióxido de Carbono, los Polvos Químicos Secos y los Líquidos Vaporizantes. La otra forma es aislar el combustible del aire por medio de una capa intermedia, que es el caso de la Espuma Química, las Espumas Mecánicas y el Agua Liviana.
3. ELIMINACION DEL COMBUSTIBLE. Desde luego el eliminar el combustible siempre traerá la extinción del fuego. En algunos casos como el de los incendios de gases, es preferible eliminar el combustible para extinguirlo, ya que de seguir cualquier otro método, la fuga de gas continuaría creando una atmósfera explosiva y en peligro mayor.

### 1.3.4 CLASIFICACION DE INCENDIOS

La NFPA ha clasificado los fuegos en cuatro tipos:

#### CLASE "A"

Fuegos de materiales combustibles sólidos tales como maderas, textiles, papel, hule y muchos plásticos.

#### CLASE "B"

Fuegos de líquidos combustibles o inflamables, gases inflamables, grasas y materias o sustancias similares (aceites, gasolina, pintura, alcohol, etc.).

#### CLASE "C"

Fuegos de maquinaria y equipo eléctrico bajo tensión eléctrica tales como motores, transformadores, tableros, controles, cables, etc.

#### CLASE "D"

Fuegos de ciertos metales combustibles tales como Magnesio, Titanio, -- Zirconio, Sodio, Potasio, etc.

Para la extinción del fuego se necesita de los efectos de enfriamiento y sofocamiento que producen los agentes extintores, aplicados según sea la característica del incendio y de una manera correcta, tendremos una eficaz extinción del fuego.

### 1.3.5 EL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR

El agua es el mejor agente extintor para combatir los fuegos en materiales que forman brasas, pero también sirve para el enfriamiento de tanques -- con gases y líquidos inflamables así como protección a la radiación térmica, evitando con esto el colapso, ruptura o una explosión ya sea en los soportes estructurales y en los tanques.

El agua es el agente extintor más extensamente usado, dadas las características que presenta, como son su asequibilidad debida a lo ampliamente difundida que se encuentra en la naturaleza, teniendo como consecuencia su bajo costo.

Además el agua tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de calor, cada litro de agua a temperatura ambiente (20°C) requiere de 8000 calorías -- para llegar a la temperatura de ebullición (100°C) y de 536,000 calorías más para cambiar del estado líquido a vapor a la misma temperatura.

#### 1.3.5.1 MEDIOS DE APLICACION

En las Refinerías, Plantas Petroquímicas, en la mayoría de las Terminales de Recibo y Distribución, Agencias de Ventas, etc., se tienen instaladas pro

lecciones contra incendio a base de agua. Esta agua llega a las diferentes -- instalaciones a través de una red de tuberías, contando con sus respectivas salidas para monitores, hidrantes y sistemas fijos de aspersores.

La red de distribución de agua contra incendio se compone de los siguientes elementos:

#### HIDRANTES

Son tomas para conectar mangueras de agua contra incendio, estas tomas están colocadas en la parte extrema de un tubo y el otro extremo está conectado a la red de la tubería.

#### MONITORES

Se da el nombre de monitor o torrecilla a un dispositivo con una boquilla de preferencia regulable, para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de neblina. Con mecanismos que le permitan girar 120° en el plano vertical y 360° en el plano horizontal la posición de la boquilla y a la vez mantenerla estable en la dirección deseada.

#### ASPERORES

Son las boquillas rociadoras integradas a la red de agua contra incendio. El rocío producido por estas boquillas tienen una mayor superficie de contacto por unidad de volumen que si se aplicara chorro directo, aumentando la absorción de calor.

Los sistemas de aspersores se usan generalmente en situaciones muy peligrosas en la que es necesario la aplicación inmediata de agua; algunos usos serían a tanques sin aislamiento térmico y que contienen líquidos inflamables, y bombas que manejan materiales volátiles.

#### EQUIPO COMPLEMENTARIO

Para operar diversos sistemas de protección contra incendio, se requieren de varios accesorios tales como: mangueras y boquillas, que en combinación con el equipo básico de contra incendio y los camiones autobomba forman el equipo principal de combate de incendios.

La finalidad principal de las mangueras es llevar agua a presión, desde la fuente de abastecimiento (ya sea un hidrante o una bomba) hasta el punto en que se le ha de utilizar contra un incendio.

Llevada la manguera hasta el lugar del fuego, el agua es lanzada por el espacio hasta la zona ardiente por medio de una boquilla especial que se halla en el extremo de la manguera. Las boquillas están acopladas a la manguera para dirigir y darle mayor alcance al agua. Se fabrican de varios tipos para producir chorro directo, neblina o combinación de "chorro-neblina".

## 1.4 CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS Y SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO

### 1.4.1 CONSIDERACIONES

En las Refinerías se manejan, transportan, almacenan y distribuyen líquidos y gases inflamables derivados del petróleo en grandes cantidades y a presiones elevadas; y es frecuente que ocurra o puedan ocurrir liberaciones de los mismos a la atmósfera, que al combinarse con el aire en las proporciones adecuadas, dan lugar a mezclas inflamables o explosivas.

Con el objeto de evitar que tanto el equipo como las instalaciones eléctricas constituyan posibles fuentes de ignición de las mezclas inflamables descritas, deben de tomarse las medidas de seguridad necesarias al hacer la selección de los equipos e instalaciones eléctricas que deban operar en donde existan o puedan existir mezclas inflamables.

El equipo eléctrico instalado en estos lugares puede causar la ignición de una mezcla inflamable al alcanzar la temperatura de ignición de la misma, ya sea por calentamiento de una de sus partes, o bien por arcos o chispas que pueden producirse aún durante la operación normal, como por ejemplo en el cierre y apertura de contactos.

Por tal motivo, las partes del equipo eléctrico que produzcan chispas, arcos o altas temperaturas no deberán tener contacto con las mezclas inflamables, instalando en lo posible el equipo eléctrico fuera de donde existan o puedan existir dichas mezclas; deberá encerrarse en cajas o carcazas que soporten sin deteriorarse una explosión en su interior y a la vez enfríen los gases calientes resultantes de dicha explosión durante su salida al medio circundante, para que produzcan daños; denominándose el equipo de estas características "A PRUEBA DE EXPLOSION". (\*6, \*10)

Para que pueda ocurrir un incendio o una explosión debido al equipo eléctrico, se deben satisfacer las tres condiciones siguientes:

- a) Debe estar presente un gas o vapor inflamable.
- b) Debe estar mezclado con aire u oxígeno en las proporciones adecuadas, para producir una mezcla inflamable y además esta mezcla debe estar alrededor del equipo o de la instalación eléctrica.

- c) La instalación o equipo eléctrico debe trabajar a un nivel capaz de suministrar la energía suficiente para encender la mezcla.

#### 1.4.2 ATMOSFERAS PELIGROSAS

La peligrosidad de las mezclas atmosféricas con gases, vapores o polvos inflamables, dependen de la peligrosidad específica de cada uno de los materiales involucrados en ellas, por lo que se hace necesario tomar en cuenta la naturaleza de las mismas al seleccionar el equipo eléctrico.

De acuerdo con el párrafo 500-2 del Código Nacional Eléctrico Norteamericano (NEC) , las mezclas atmosféricas se han agrupado de la manera siguiente -- basándose en su peligrosidad:

GRUPO A. Atmosferas que contienen acetileno.

GRUPO B. Atmosferas que contienen cualquiera de los siguientes productos: butadieno, óxido de etileno, óxido de propileno, hidrógeno o - gases o vapores de peligrosidad equivalente que contengan más del 30% de hidrógeno en volumen tales como el gas de reformación y acroleína (inhibida).

GRUPO C. Atmosferas que contienen acetaldehído, ciclopropano, éster dietílico, etileno, isopreno o dimetil hidrazina.

GRUPO D. Atmosferas que contienen acetatos de: n-butilo, isobutilo, etilo y vinilo, cetonas, pentanos, hexanos, heptanos, octanos, gasolinas, naftas, metano, etano, propano, butano, gas natural, - gases LP (propano, butano y sus mezclas), alcoholes, cloruro de vinilo, dicloroetano, benceno, tolueno, xilenos, estireno, propileno, acrilonitrilo o amoniaco.

GRUPO E. Atmosferas que contienen polvos metálicos, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales u otros metales de características peligrosas similares.

GRUPO F. Atmosferas que contienen negro de humo o polvos de carbón mineral o de coque

GRUPO G. Atmosferas que contienen harina, almidón o polvos de granos.



De acuerdo con esta clasificación, las mezclas atmosféricas que comúnmente pueden encontrarse en las instalaciones de las Refinerías pertenecerán a los grupos B, C ó D, dependiendo del gas o líquido inflamable manejado.

La naturaleza y extensión de las áreas peligrosas a la liberación de sustancias inflamables deberán determinarse tomando en cuenta la presencia de:

- a) Gases inflamables que se manejan como tales.
- b) Gases de productos licuados de petróleo.
- c) Líquidos inflamables.

#### 1.4.3 AREAS PELIGROSAS

Áreas peligrosas son aquellas que contienen vapores, líquidos o gases inflamables o polvos combustibles y fibras que pueden causar fuegos o explosiones si se someten a una fuente de ignición.

De acuerdo con el NEC las áreas peligrosas se consideran divididas en las tres clases siguientes:

CLASE I. Áreas en las cuales están o pueden estar presentes en el ambiente gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables o explosivas.

CLASE II. Áreas en las que están presentes polvos combustibles.

CLASE III. Áreas en las que están presentes fibras o materiales que flotan en el aire y que son fácilmente inflamables; pero en las que no es probable que se encuentren en suspensión en el aire en cantidad suficiente para producir mezclas inflamables.

Cada una de estas clases se divide a su vez en División 1, que comprende las áreas normalmente peligrosas; y en División 2 que agrupa las áreas que son peligrosas sólo bajo condiciones anormales.

Para los fines de este estudio, las áreas peligrosas serán los lugares de las instalaciones de las Refinerías en que se considera que están o pueden estar presentes gases o vapores inflamables en cantidad suficiente para producir una mezcla inflamable o explosiva; y pertenecerán a la Clase I, Divisiones 1 y 2, que pueden definirse de la manera siguiente:

- a) Clase 1, División 1. Son aquellas áreas que existen continuamente o pueden existir con frecuencia, ambientes contaminados por gases o vapores inflamables bajo condiciones normales de operación, durante los trabajos de reparación o mantenimiento, o bien debido a fugas. También se clasifican en esta división, las áreas en las que la rotura o falla de equipo, o anomalías en los procesos, pueden provocar al mismo tiempo que la liberación de gases o vapores inflamables, averías en el sistema eléctrico.
- b) Clase 1, División 2. Son aquellas áreas en las que los gases o líquidos volátiles inflamables se manejan, almacenan y procesan en recipientes o sistemas cerrados, de los que sólo pueden escapar en el caso de roturas o averías accidentales de los recipientes o sistemas, o en caso de una operación anormal del equipo.

Además se clasifican en esta División 2 las áreas en que las concentraciones de gases o vapores inflamables se evitan normalmente por medio de sistemas de ventilación mecánica positiva, pero que pueden llegar a ser peligrosas al fallar el sistema de ventilación mecánica; así como también las áreas adyacentes a las de la División 1 a las que pueden llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores inflamables, a menos que se evite la comunicación mediante un sistema de ventilación mecánica positiva adecuado.

#### 1.4.4 EQUIPO ELECTRICO

El equipo eléctrico puede usarse con seguridad en áreas peligrosas siempre y cuando haya sido construido en forma adecuada para una área definida de acuerdo a su Clase, Grupo y División.

En los Estados Unidos diversos tipos de construcción de equipos se aceptan como apropiados para áreas Clase I. El más comúnmente usado es equipo construido a prueba de explosión. Este tipo de construcción requiere que la envolvente sea lo bastante fuerte para resistir la explosión interna de un determinado gas o vapor y que impida la ignición del gas o vapor que se encuentra en la atmósfera por chispas o flamas que provengan del interior o por el aumento de la temperatura en la superficie de la envolvente.

Generalmente estas envolventes se hacen de fierro, acero o aluminio con un diseño que impide el paso de la flama o el escape de la presión interna.

Comunemente se utilizan dos tipos de juntas: Una es la Junta Plana Rectificada que se muestra en la Fig. 1-2 (Pag. 90 )

En este tipo de unión, las dos superficies se mantienen perfectamente unidas por medio de tornillos, el ancho mínimo para el paso de la flama es de  $3/8"$ , con un claro máximo de  $0.0015"$ . La experiencia ha demostrado que este claro previene que los gases calientes escapen al exterior.

Otro tipo de juntas que frecuentemente se utilizan, es la Tapa Roscada que se muestra en la Fig. 1-2 (Pag. 90 ).

Este tipo requiere que un mínimo de cinco hilos de la rosca estén en contacto. Cuando dentro de la envolvente ocurre una explosión, los hilos de la rosca de la tapa se aprietan contra los hilos de la rosca del cuerpo, forzando así al gas caliente a recorrer toda la trayectoria helicoidal entre el cuerpo y la tapa que lo enfría suficientemente antes de lograr salir a la atmósfera circundante.

En Estados Unidos se aceptan otro tipo de equipo para áreas peligrosas. Entre ellos podemos nombrar los tipos de equipo sumergido en aceite, equipo presurizado y equipo intrínsecamente seguro.

El principal tipo de equipo para áreas Clase II es el equipo a prueba de ignición de polvo. Su diseño es diferente al del equipo para Clase I, ya que se diseña para impedir la entrada de polvo en el equipo y no requiere soportar explosiones internas. La principal condición que debe reunir el equipo para áreas Clase II es que opere, bajo un manto de polvo, a una temperatura lo suficientemente baja para que no incendie o queme el polvo. La mayor parte del equipo se diseña de tal modo que evita la acumulación de polvo.

El equipo que se instale en áreas Clase III deberá ser capaz de operar a plena capacidad sin calentarse al grado que cause deshidratación excesiva o carbonización gradual de las fibras o material volátil que se le acumulen. El material orgánico carbonizado o excesivamente deshidratado es susceptible de incendiarse espontáneamente. (\*6)

## 1.5 PROTECCION CONTRA INCENDIO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La necesidad de proteger contra el fuego los miembros estructurales ha sido ampliamente reconocida dentro de la industria del petróleo. Las estructuras de acero no protegidas expuestas al fuego, están sujetas a falla, la cual puede ser seria si resultare en colapso las estructuras que soportan los tanques a presión y las tuberías.

### 1.5.1 RECOMENDACIONES GENERALES

Las especificaciones que cubren las protecciones contra incendio para tanques que almacenan productos inflamables y combustibles, recomiendan que todos los miembros estructurales que soportan al tanque deberán protegerse contra el fuego con un recubrimiento que garantice una resistencia a las flamas de 4 horas. Dicho recubrimiento se deberá colocar en todo el elemento estructural, desde la base hasta su unión con el cuerpo del recipiente.

(\*1)

### 1.5.2 RECUBRIMIENTOS A PRUEBA DE INCENDIO

Los materiales que a continuación se enlistan, se podrán usar como recubrimientos a prueba de incendio: (\*3)

1. Concreto reforzado con agregado de escoria de alto horno, en un espesor mínimo de 5 cm.

2. Concreto reforzado con un agregado ligero de baja conductividad como la vermiculita, con un espesor mínimo de 5 cm., preparado en proporción volumétrica de una parte de cemento por 3 de vermiculita, agregándole agua en cantidades convenientes.

3. Concreto con aire incluido que utilice agregados secos y cemento -- que cumpla con la especificación ASTM - C-175, tipo 1A, con espesor mínimo de 5 cm. y la siguiente composición:

Para concreto colado: Una parte de cemento, 2 1/2 partes de arena y 2 1/2 partes de grava que pase la malla de 3/8". Agua que no exceda de 25 litros por cada bulto de cemento de 50 Kg.

Para concreto de aplicación neumática: Una parte de cemento y 4 partes de arena. Agua que no exceda de 12 litros por bulto de cemento de 50 - Kg.

Como alternativa podrá usarse cemento que cumpla con la especificación ASTM-C-150 tipo 1 y un aditivo inclusor de aire que cumpla con la especificación ASTM-C-260.

En todos los casos se deberá seguir las siguientes recomendaciones adicionales:

- a) El concreto deberá amarrarse con malla de alambre hexagonal de tipo gallinero de 2.5 cm. calibre 25 BWG galvanizada antes de — torcido. Esta malla se asegurará a la superficie de acero a una distancia aproximada de 2 cm. por medio de pernos soldados a la estructura y espaciados aproximadamente 45 cm. Se deberá dejar — un traslape mínimo de 7 cm. entre dos mallas de alambre sucesivas y en los lugares donde sea necesario amarrar la malla se utilizará alambre de fierro estirado en frío.
- b) Antes de aplicar el recubrimiento contraincendio, los miembros — de acero deberán estar libres de herrumbre o grasa, mediante lim pieza con cepillo de alambre u otros medios.
- c) Todas las aristas expuestas de concreto deberán achaflanarse. — Las superficies superiores tendrán pendiente para escurrimiento y las juntas entre acero y concreto deberán sellarse con un mastique a prueba de agua.

4. Recubrimientos o mastiques adhesivos que se hinchan bajo la acción del fuego, produciendo una cubierta aislante de tipo celular (poliamidas e — póxicas curadas con retardantes al fuego), aprobadas por "Underwriters Laboratories".

### 1.5.3 PRUEBAS Y CALIFICACIONES

El propósito de la prueba contraincendio es comparar la eficacia de los re cubrimientos y comprar tiempo.

El acero estructural comienza a ablandarse a 600°F (316°C). A 1000°F (538 °C) pierde el 50% de su fuerza o resistencia. A 1200°F (649°C) pierde el 65% de su fuerza o resistencia. En consecuencia para evitar el colapso durante - un incendio, los soportes estructurales deben estar protegidos para dar tiem po a que se empleen los sistemas de lucha contraincendio.

El método a prueba normal aceptado para la determinación de la resistencia al fuego de los materiales de construcción en América del Norte es la ASTM - E-119, conocida también como la NFPA 251 y la UL (Underwriters Laboratories) 263. En esta prueba el ensamble o conjunto (en este caso, una columna de acero de un tamaño específico revestida con un grueso específico de un material a prueba de incendios específico) se coloca en un horno y se pone en todos - sus lados a temperaturas en incremento sobre una curva controlada de tiempo-- temperatura. Esta curva (Fig. 1-3 Pag. 91 ) muestra una elevación muy rápida de la temperatura durante los primeros 10 minutos desde una temperatura am-- biental a 1300°F (704°C), seguida por un incremento menos rápido de manera - que en 4 horas la temperatura es de 2000°F (1093°C), y a las 8 horas 2300°F - (1260°C).

Para las columnas la falla ocurre cuando la temperatura promedio de los 14 termopares de la columna exceden a los 1000°F (538°C) o a cualquier temperatu ra de termopar que exceda a los 1200°F (649°C). La resistencia al fuego es el tiempo en que el ensamble o conjunto resiste al fuego sin fallar. Se registra el tiempo real hasta el minuto más cercano, en tanto que las calificaciones - de resistencia contraincendio se dan a intervalos estándar, es decir, 1/4 de hora, 1/2 hora, 3/4 de hora, 1 hora, 1 1/4 de hora, 2 horas, 3 horas y 4 ho-- ras. Por consiguiente una calificación de 1 hora indica que el ensamble o con junto resistió la prueba estándar durante al menos 1 hora pero menos que 1 1/4 - hora.

Una ventaja de la curva tiempo-temperatura de la ASTM E-119 es su concor-- dancia estrecha con las curvas tiempo-temperatura adoptadas por otros países.

Sin embargo, la prueba ASTM E-119 sólo es un índice de laboratorio del desempeño relativo, más bien que real, bajo condiciones de incendio. Esto es cierto en especial en un incendio de hidrocarburos, donde un ensamble sólo puede tener de 1/3 a 1/2 de la resistencia efectiva al incendio que el indicado -- por la ASTM E119. En consecuencia habrán de considerarse las calificaciones por áreas sólo como indicadores relativos de desempeño.

#### 1.6 SISTEMA DE BLOQUEO HIDRAULICO AUTOMATICO (SISTEMA VICKERS)

El sistema de bloqueo hidráulico está conformado por válvulas automáticas internas de acción rápida, las cuales van instaladas en las conexiones de los tanques, excepto sobre las que vayan las válvulas de seguridad, o en las líneas de proceso para evitar la entrada o salida de producto en caso de emergencia. El decir Sistema Vickers es hablar de un tipo específico de válvula. (Fig. 1-4 Pag. 92 )

La acción de la válvula es bidireccional con respecto al flujo y la presión, ya que permite el flujo en ambos sentidos.

La válvula está diseñada para una posición normalmente cerrada bajo la acción de un balance entre un pistón y un resorte. Para abrir la válvula es necesario aplicar una presión determinada al mecanismo interno de la misma -- (pistón-resorte), desplazando al pistón y dejando libre las puertas de la parte externa de la válvula.

La presión necesaria para lograr la acción de la válvula se consigue con una bomba a través de una línea interconectada al mecanismo interno; el valor de aquella es de 16 a 53 Kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo de la presión del producto a manejar y del tamaño de la válvula. Este sistema de bombeo utiliza un fluido hidráulico, puede ser un líquido (aceite) o bien usarse aire.

La línea que contiene al fluido hidráulico lleva instalados tapones fusibles los cuales se funden a una temperatura determinada, dejando el paso libre al fluido hidráulico hacia el exterior, depresionando la línea y originando el cierre automático de la válvula interna, quedando de esta forma aislado el recipiente de almacenamiento incendiado del resto del sistema.

## 1.7 SISTEMAS DE ALIVIO DE PRESION

El propósito del Sistema de Alivio de Presión es el proteger al personal, el equipo y la producción de las instalaciones industriales. Este sistema -- está formado por dispositivos que eliminan los excesos de presión existentes en los recipientes y sistemas de proceso.

El Sistema de Alivio de Presión es el único que protege en ciertas circunstancias a una planta de proceso o de almacenamiento, a un cuando se diseña con el máximo cuidado; lo ideal es que este dispositivo no tuviera ocasión de funcionar, no obstante la posibilidad de que funcione es grande, ya que debido a fallas humanas, fallas del equipo, o bien, debido a cambios -- bruscos en el proceso es muy común que se genere un exceso de presión. De aquí el porque del sumo cuidado con que se diseña, selecciona y se realizan inspecciones periódicas de este equipo, que aún no siendo una parte productiva, tiene un papel importante en la marcha segura del sistema.

### 1.7.1 VALVULA DE SEGURIDAD Y ALIVIO

La Válvula de Seguridad y Alivio es un dispositivo cuya principal característica y la más importante es proteger al personal y al equipo como prevención ante un aumento de presión en el sistema. Puede ser utilizada indistintamente para servicio de vapor, aire, gas o líquido. (Fig. 1-5 Pag. 93 )

Este dispositivo es una combinación de Válvula de Seguridad y de una Válvula de Alivio, que puede ser usada dependiendo de su aplicación.

La Válvula de Seguridad es un dispositivo automático diseñado para permitir el escape o relevo de exceso de un fluido contenido en un recipiente a presión, y se caracteriza por su rápida apertura total o acción de disparo.

La Válvula de Alivio es un dispositivo automático para aliviar la presión estática que ejerce el fluido contenido en el recipiente al cual está conectado, y abre proporcionalmente al incremento de presión que se sucede después de la presión de operación.



### 1.7.1.1 PRINCIPIO DE OPERACION DE LAS VALVULAS DE SEGURIDAD Y ALIVIO

Cuando la válvula está cerrada durante una operación normal, la presión del recipiente actúa contra la superficie del asiento del disco, la cual es soportada por la fuerza del resorte. (Fig. 1-6 Pag. 94 )

El fluido ejerce una fuerza sobre el disco igual a la presión por el área, en el momento en el que esta fuerza es igual a la fuerza que en el sentido contrario efectúa el resorte sobre el disco, éste es elevado ligeramente de su asiento, exponiendo un área mayor (dada por el diámetro exterior del disco) a la presión del fluido. Esto incrementa la fuerza hacia arriba levantando aún más el disco y permitiendo el escape de una cantidad mayor de fluido, lo que a su vez hace que actúe ahora el área total del disco aumentando más esta fuerza. Esta secuencia de acontecimientos sucede en un tiempo extraordinariamente corto produciendo lo que se llama disparo de la válvula.

Al mismo tiempo que se introduce este disco de área mayor se incorpora en las válvulas, el ANILLO DE AJUSTE, desarrollado fundamentalmente como un medio de control que actúa variando el flujo y la fuerza ejercida por éste, sobre el disco modificando entonces lo que se conoce con el nombre de presión diferencial.

Entendemos como presión diferencial a la diferencia de presiones entre la presión de disparo y la presión de cierre expresado como porcentaje de la presión de disparo o directamente el  $\text{Kg/cm}^2$  ó  $\text{lb/pulg}^2$ .

El control de la fuerza en las alas del disco depende de la posición del anillo de ajuste; subiendo la posición del anillo de ajuste se causa una mayor restricción en el flujo del fluido, haciendo que la presión en las alas del disco crezca, por tanto así mismo la presión diferencial de la válvula crezca, o dicho de otra manera, disminuye la presión de cierre de la válvula.

La cámara formada por las alas del disco, la parte superior del asiento y el anillo de ajuste es lo que comúnmente se llama CAMARA DE PRESION.

El cierre ocurre cuando la fuerza del resorte vence a la fuerza decreciente que ejerce la presión del fluido sobre el área del asiento del disco. (\*21)

## 1.8 DETECTORES DE GAS (\*14)

La concentración de gases y vapores en el aire puede determinarse fácilmente con instrumentos de lectura directa.

Tales instrumentos pueden definirse como aquellos dispositivos en los cuales la toma de muestra y el análisis se realizan dentro del aparato mismo y en los que la información requerida puede ser leída directamente en un dial o indicador.

El instrumento de lectura directa ideal debería tomar la muestra en la zona y determinar, si fuera necesario, la concentración de las sustancias que se investigan, ya fuera como concentración instantánea o como promedio, en un determinado tiempo. Otras veces la lectura puede estar expresada como porcentaje de un patrón apropiado. En muchos casos puede ser esencial presentar la forma de obtener un registro permanente de lecturas.

La variedad de instrumentos de lectura directa para gases y vapores incluyen los siguientes tipos:

### DISPOSITIVOS COLORIMETROS

SOLIDO. Se pasa un volumen conocido de aire a una velocidad constante a través de un tubo de vidrio de diámetro pequeño que contiene granulos de un sólido poroso impregnados con un reactivo capaz de reaccionar con el vapor o gas contaminante y cambiar de color. La intensidad o la matiz del color y el tamaño de la mancha coloreada, guardan relación con la concentración del gas o vapor.

CINTA DE PAPEL. Un volumen conocido de aire se pasa por un papel impregnado con un reactivo que cambia de color con el gas o vapor. La intensidad del color indica la concentración de gas o vapor.

LIQUIDO. Un volumen conocido de aire se hace burbujear a través de un líquido que reacciona con el vapor o gas; un indicador que cambia de color cuando el reactivo es consumido por una cantidad definida de gas o vapor indica su concentración en la muestra.

## DISPOSITIVOS TERMICOS

POR CONDUCTIVIDAD. Para obtener la concentración de gas o vapor se mide el calor específico de conductancia de la mezcla.

POR COMBUSTION. Se mide en un Puente de Wheatstone la variación de la resistencia eléctrica de un filamento calentado mediante la combustión de gas o vapor, y con ello se calcula su concentración.

POR OTROS MEDIOS. Incluyen la potenciometría, la coulometría, las células electroquímicas de membrana, el análisis en el infrarrojo y la polarografía.

CROMATOGRAFIA DE GAS. Diferentes vapores y gases migran en forma distinta en un medio poroso de absorción contenido en una columna. Los gases y vapores así separados son liberados por calentamiento y, mediante un gas inerte, llevados para medida a un detector tal como un dispositivo de ionización o electromagnético.

### 1.8.1 INSTRUMENTOS ELECTRICOS DE LECTURA DIRECTA

Los instrumentos portátiles y/o fijos de lectura directa para tomar muestras de aire, han eliminado gran parte del azar en la determinación de gases y vapores inflamables. Antes del desarrollo de estos dispositivos de muestreo, era necesario tomar una muestra de la atmósfera sospechosa y enviarla luego al laboratorio para su análisis.

Esto requería el auxilio de técnicos con experiencia y una inversión considerable en equipos de laboratorio. En el momento en que el análisis se terminaba, la concentración del contaminante en la atmósfera podría haber cambiado considerablemente.

Los instrumentos de lectura directa en cambio, permiten conocer inmediatamente la concentración de gas o vapor por lectura directa en un dial. Esto no significa, sin embargo, que la simple lectura directa en un medidor implique una prueba válida. Por el contrario, el operador debe conocer a fondo el uso y las limitaciones de los instrumentos y dispositivos.

Uno de los instrumentos más útiles del tipo de lectura directa es el de filamento caliente o indicador de gas combustible. Se han diseñado instrumentos de esta clase para la detección de gases explosivos y combustibles en el aire.

### 1.8.1.1 DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS

Existen varias fábricas que producen explosímetros o medidores para gases combustibles. Aunque los mismos difieren algo en su diseño y en sus características de operación, su funcionamiento se basa en el fenómeno de la producción de una cantidad mensurable de calor desprendida cuando se quema un gas o vapor combustible. La mayoría de los aparatos contienen un circuito eléctrico operado a batería, conocido como Puente de Wheatstone, el que se equilibra por medio de controles que se manejan desde el exterior del instrumento.

### 1.8.1.2 CIRCUITO DE UN PUENTE DE WHEATSTONE

En una parte de puente (Fig. 1-7 Pag. 95 ) el aire que constituye la muestra se hace pasar sobre filamentos calentados a alta temperatura. Si el aire contiene vapor o gas combustible, los filamentos calientes provocan su combustión y el desprendimiento de una cantidad adicional de calor, lo que aumenta la resistencia eléctrica de los mismos.

Otra parte del puente contiene filamentos sellados similares a los anteriores, que se calientan de la misma manera, pero que no están expuestos a la corriente del aire que se examina. Estos filamentos neutralizan todos los cambios de la corriente eléctrica y la resistencia debidos a las vaporizaciones de temperatura del filamento o las características del instrumento mismo. El efecto neto es que el cambio de resistencia de los filamentos sometidos a la presencia de gases combustibles. Estas variaciones en la corriente eléctrica se registran como " por ciento del LEI" en el indicador del aparato.

### 1.8.1.3 OBSERVACIONES

Los detectores de gas combustible estén sujetos a falla, esto resulta de las siguientes consideraciones:

1. La superficie del platino catalítico puede contaminarse con sílices que realmente ciegan al platino, haciendo que el sensor no sea sensible a los gases de la combustión.

2. Debido a que el sensor es un elemento calentado bajo circunstancias normales y además se calienta cuando se expone al gas combustible, está sujeto a quemarse.

En un grado menor, los detectores de gas combustible sufren lo que se llama "cansancio", debido al envejecimiento de los componentes en uso normal.

Para estar prevenidos en contra del deterioro de los servicios de protección, debe calibrarse periódicamente el sistema de detección de gas, incluyendo el exponer los sensores a un gas de calibración, con el objeto de asegurarse de la operación apropiada del sistema.

### 1.9 DRENAJES (\*12)

El sistema de drenaje es el conjunto de tuberías, así como de sus obras complementarias que tienen por objeto coleccionar y desalojar las aguas de desecho de las áreas industriales.

Las aguas de desecho de las áreas industriales son de muy diversa índole, tales como aceitosas, de desechos químicos, de lavado de equipo, de limpieza, de enfriamiento, de contraincendio, sanitarias (negras y jabonosas), -- así como agua de lluvia.

Dentro de la zona industrial se pueden localizar diferentes áreas perfectamente definidas, las cuales tienen sus requisitos particulares de drenajes. Estos drenajes pueden ser:

DRENAJE ACEITOSO, es el que recolecta hidrocarburos no corrosivos y/o tóxicos, provenientes de las purgas de equipos y tuberías en los casos de mantenimiento de las mismas.

DRENAJE QUIMICO, es el que recolecta y conduce agua contaminada con productos tóxicos y/o corrosivos.

DRENAJE PLUVIAL, es el que recolecta y conduce aguas libres de contaminación por hidrocarburos, productos tóxicos y/o corrosivos, aguas negras y jabonosas.

DRENAJE SANITARIO, es el que recolecta y conduce aguas negras y las jabonosas.

Las aguas de desecho, derrames y/o purgas son recolectadas por una tubería llamada RAMAL que se encarga de descargarlas a las tuberías TRONCALES, esta tubería las conduce a otra tubería llamada COLECTOR que se encarga de conducir los líquidos aportados por los troncales a los sistemas de tratamiento de aguas, o bien, a otras tuberías llamadas EMISORES que se encargan de conducir las aguas fuera de las instalaciones sin recibir nuevas aportaciones.

#### 1.9.1 DRENAJES EN AREAS DE ALMACENAMIENTO

En las áreas de almacenamiento quedan comprendidos los tanques de almacenamiento superficiales, los cuales se localizan dentro de un dique de contención.

Las áreas de almacenamiento deben contar con un sistema de drenaje pluvial y aceitoso o pluvial y químico, con sus respectivas válvulas con indicación de posición colocadas fuera del muro de contención.

Las purgas de los tanques van a copas colectoras o registros de concreto o de metal, conectados mediante válvulas al drenaje aceitoso. Estas copas — colectoras y registros deberán contar con un sistema (guarniciones) que evite que se introduzca el agua de lluvia que se pueda coleccionar dentro de los — diques.

##### 1.9.1.1 DRENAJE PLUVIAL

Este drenaje debe contar con atarjeas para captación de agua de lluvia y se dimensiona tomando la aportación de volumen de agua que resulte mayor, — considerando lo siguiente:

- a) El gasto de agua colectada en el área durante la hora de máxima precipitación pluvial, de acuerdo a las estadísticas de datos meteorológicos de la zona.
- b) El gasto de agua colectada en el área durante las 24 horas del día — más lluvioso del año de acuerdo a las estadísticas de datos meteorológicos de la zona.
- c) El gasto de agua contraincendio vertida sobre el área para combatir un incendio por riesgo mayor.

Además se debe contar con una válvula de bloqueo a la salida del dique de contención, la cual será operable desde el nivel del piso y tendrá una clara indicación de "abierto-cerrado". Teniendo una conexión al drenaje general aceitoso dotada con una válvula de las mismas características que la anterior.

Para su construcción, se emplean tubos de concreto reforzado, asbesto cemento y PVC.

#### 1.9.1.2 DRENAJE ACEITOSO

A este drenaje van las purgas de los tanques. Estando provisto de sardineles para reducir al mínimo la captación de agua de lluvia. La capacidad de las tuberías del drenaje aceitoso, se calcula de acuerdo al volumen que resulte mayor de las siguientes consideraciones, incrementándose éste con las aportaciones constantes del área en estudio:

- a) Del volumen de aguas colectadas en áreas clasificadas de proceso según los datos estadísticos meteorológicos de la zona, de los diez años anteriores a la fecha de diseño.
- b) Del volumen de agua de contraincendio colectadas en la planta que requiere la mayor cantidad de agua para su protección.

Todos los drenajes aceitosos deben tener válvulas de bloqueo afuera de los muros de los tanques. Estas válvulas serán operables desde el nivel del piso.

A la llegada de cada colector de tanques al troncal aceitoso se debe instalar un SELLO HIDRAULICO.

Para su construcción se emplean tubos de fierro fundido, asbesto cemento, concreto sin refuerzo y concreto reforzado.

#### 1.9.1.3 SELLO HIDRAULICO

Un Sello Hidráulico (Fig. 1-8 Pag. 96 ) es el arribo ahogado de un drenaje en las alcantarillas.

Se emplean generalmente en alcantarillas de drenajes aceitosos y químicos, teniendo como finalidad la de evitar la transmisión de gases, así como la propagación de un incendio a lo largo de la tubería de una red de drenaje.

## CAPITULO II

"DESCRIPCION DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y  
PROTECCION CONTRA INCENDIO ACTUAL"

## 2.1 DESCRIPCION DEL MANEJO DEL GLP EN LA REFINERIA "MIGUEL HIDALGO"

Dentro de los recibos con que cuenta la Refinería se encuentra el poliducto Minatitlán-Tula, diseñado originalmente para manejar todo tipo de destilados, se ha convertido en propano/butano-ducto exclusivamente; éste parte desde la Refinería "Lázaro Cardenas" en la ciudad de Minatitlán, Ver., y en su recorrido total de 619.9 Km. cuenta con 10 estaciones de rebombado y 3 terminales de extracción: Tierra Blanca, Ver., Orizaba, Ver. y Puebla, Pue., y como punto final la terminal de gas de la Refinería "Miguel Hidalgo".

A raíz del incidente en San Juan Ixhuatepec, Edo. de México, a partir del 25 de noviembre de 1984, se modificó el recibo de gas, anteriormente a esta fecha era de 20 mil bls. por día y actualmente es de 68 mil bls. por día -- quedando a su capacidad de diseño.

El recibo que anteriormente sólo era para satisfacer el mercado de la capital, actualmente, además surte el mercado del centro de la República con -- la terminal de ventas de la Refinería.

Al oriente de la Refinería, la zona denominada "Trampa de Diablos" es el único punto de entrada y salida de productos por tubería; en esta entrada el Poliducto Minatitlán-Tula. Las instalaciones para garantizar la operación -- dentro de la Refinería cuenta con 2 estaciones de regulación y de 2 válvulas reguladoras de presión en cada estación. Cuenta con 4 válvulas de seguridad instaladas antes de cada válvula reguladora de presión respectivamente, calibradas y ajustadas a las condiciones actuales de operación y desfogando directamente hacia el regulador de campo. Se cuenta con 3 alarmas por alta presión, instaladas antes de la primera válvula reguladora, después de la primera y sobre la llegada en la estación N° 2.



Se cuenta además con 2 registradores de flujo, localizados en cada estación de regulación, registradores de temperatura, filtros, gravitómetros, etc., además el personal encargado de estas estaciones, llevan un registro de operación en las cuales se anotan las presiones, flujos y temperaturas cada hora.

### 2.1.1 ALMACENAMIENTO

La Refinería "Miguel Hidalgo" cuenta con 22 tanques esféricos de almacenamiento; 12 de los cuales tienen una capacidad nominal de 20 mil bls., estando capacitados para el almacenamiento de gas de alta presión; 6 de 15 mil bls. también para gas de alta presión y 4 de 15 mil bls. para gas de baja presión. Resultando una capacidad nominal de 390 mil bls.

### 2.1.2 UBICACION

El área de almacenamiento de GLP ocupa una superficie de 110,000 m<sup>2</sup> al norte de la Refinería. Esta zona está delimitada a 25 m. al norte por la Casa de Bombas N° 3 que dan servicio de llenado a las esferas y a la terminal de ventas. Más al norte se encuentra la terminal de gas y la llenadera de autos-tanque y carros-tanque, que es a lo que se llama "Terminal de Ventas", y es aquí donde se distribuye gasolina, diesel, GLP, etc., a carros y autos-tanque provenientes de varios lugares del centro de la República. Al Oeste a unos 40 m. se encuentran 2 Cárcamos Reguladores de Aceite, que es donde se deposita el drenaje Aceitoso y Pluvial de la Refinería; y atrás de éstos, a unos 150 m. están 7 tanques verticales donde se almacena el Aceite Recuperado de las Trampas de Aceite: 3 tienen una capacidad de 8,745 m<sup>3</sup> y 4 tanques de 3,200 m<sup>3</sup>. Entre los tanques esféricos TE 119/124 y los TE 125/130, está el tanque vertical TV-300, diseñado para almacenar en el futuro propano refrigerado con una capacidad de 32,149 m<sup>3</sup>. Lo que respecta al Este y al Sur, en un radio de 700 m. no se encuentra ninguna construcción. (Fig. 2-1. Pag. 97).

### 2.1.3 LISTA DE EQUIPO

A continuación se enlistan los equipos que almacenan el G.L.P., la forma en que están agrupados, su capacidad y el producto que almacenan:

CLAVE	SERVICIO	CAPACIDAD
TE 101/104	ALMTO. DE PROPANO Y PROPANO BUTANO	15 mil Bls.
TE 105/106	ALMTO. DE BUTANO BUTILENO Y PROPANO PROPILENO	15 mil Bls.
TE 201/204	ALMTO. DE BUTANO	15 mil Bls.
TE 119/124	ALMTO. DE PROPANO	20 mil Bls.
TE 125/130	ALMTO. DE PROPANO	20 mil Bls.

### 2.2 MEDIDAS GENERALES DE SEGURIDAD Y PROTECCION CONTRA INCENDIO

Ya que se maneja un gran volumen de gas en la Refinería, se han empleado las medidas de seguridad necesarias y se han establecido los reglamentos indispensables que deben obedecer todo el personal encargado de la distribución, operación y en general por el personal que llega a circular o laborar sin estar involucrado directamente en la operación.

El poliducto cuenta con sus sistemas de desfogue y alarmas sonoras que indican condiciones anormales de operación. Todos los tanques esféricos quedan en comunicación con las líneas de succión/recibo, por medio de válvulas operadas mediante un sistema de protección con tapones fusibles a 150°F (65.5°C) en caso de incendio, dejando cerrada la esfera al despresionarse el cabezal de aceite.

Las esferas de 15 mil bls. tienen 2 de estas válvulas (2 líneas de succión/recibo) y las de 20 mil bls. tienen 3 válvulas hidráulicas (3 líneas de succión/recibo).

En la base de la esfera existen indicadores de presión y de temperatura, así mismo tienen purgas y drenes.

En la parte superior de la esfera existe una línea igualadora de presión que también está accionada con el sistema de protección hidráulico que se mantiene normalmente abierto. Esta línea mantiene interconectadas todo un -

grupo de esferas en su espacio de vapor y tiene como objeto el mantener iguales las presiones de todas las esferas del grupo. La línea igualadora descarga a desfogue en caso de sobrepresionamiento del sistema mediante válvulas de control de presión, las cuales actúan con el ajuste de la presión en la línea corriente abajo, es decir, antes de llegar a la válvula, protegiendo así a la esfera ante cualquier sobrepresionamiento. Existen 2 válvulas de control en el sistema de regulación: una en caso de gas de baja presión y otra en caso de gas de alta presión.

Además, en la parte superior se tiene un sistema de alivio de presión que en caso de emergencia, las válvulas de seguridad (dos) en la parte alta de la esfera se abrirán desfogando a través de una línea hacia el cabezal de desfogue común. En adición se tiene una línea de desfogue directo, la cual tiene una válvula de cierre rápido que se encuentra normalmente cerrada, esta válvula se opera manualmente y existe como auxiliar del sistema de alivio.

Todos los desfogues de esta área se conectan con el quemador de campo N° 1. Se tiene además el quemador elevado N° 5 de uso exclusivo de la Planta Criogénica, debido a que los tanques esféricos de alta presión por las características del material de construcción (aceros de alta resistencia de espesores delgados) no permite recibir producto corrosivo en ellas, ni productos con concentraciones de mercaptanos arriba de 15 ppm., dificultando en este caso el manejo del poliducto.

En la parte alta del recipiente existen indicadores de presión, de temperatura y de nivel que envían señal al tablero de control.

Debido al producto que se maneja y las características del lugar, en donde las fuentes de peligro, o sea, las fugas o escapes de gases o vapores inflamables que resulta prácticamente imposible evitar en forma absoluta durante la operación del equipo o bien durante las reparaciones o trabajos de limpieza, como son las fugas por estoperos, sellos, empaques y uniones mecánicas; así como en los sitios en que deliberadamente pueden liberarse a la atmósfera productos inflamables como en las llenaderas, venteos, purgas, válvulas de alivio, etc., el área se considera rodeada por un volumen de atmósfera peligrosa, que según clasificación que hace el NEC, esta atmósfera pertenece al Grupo D y el área a la Clase I División 1 y División 2.

Es por esto que todo el equipo eléctrico, como son: luminarias, cajas para conexiones, coples flexibles, sellos, tuercas unión, etc., se seleccionaron a prueba de explosión para tener mayor seguridad en el área. En la Fig. 2-2 (Pag. 98 ) se ilustran las conexiones eléctricas.

Excepto los postes que sirven para alumbrar las vías de acceso no son a prueba de explosión, ya que en el lugar donde están colocadas (a 9 m. de distancia del dique, con una altura de 8 m.) se considera que están afuera del área que comprende la atmósfera peligrosa que rodea a cada tanque.

Otra medida de Seguridad son las Conexiones a Tierra. El GLP puede ser cargado con electricidad estática durante el bombeo, al pasar a través de las tuberías o al llenar los tanques esféricos; creandose dos peligros: el primero y el más peligroso, es el chisporroteo que puede ocurrir en la superficie del líquido. El segundo, es la acumulación de carga estática en el tanque.

Para evitar esto, los tanques esféricos, las tuberías, las bombas para su ministro de producto, los auto y carro-tanque, las partes metálicas descubiertas conductoras de corriente de los equipos: tales como carcazas de motores, cajas de interruptores, bastidores, ductos, gabinetes, etc., están conectados a tierra, logrando la dispersión o atenuación de las corrientes eléctricas nocivas.

Alrededor de cada grupo de tanques, se tiene una red o malla de tierras, usadas para establecer un potencial uniforme.

Para conectar a la red de tierras a los tanques, se usa como conductor cable desnudo de cobre semiduro Calibre 2/0 AWG. Este conductor va soldado a una barra de tierras ubicada en 2 de los soportes de los tanques esféricos y para las tuberías este conductor va conectado cada 20m.

A la vez, cada conductor va unido a un electrodo de tierra que es el que descarga a tierra las corrientes eléctricas nocivas y mantiene un potencial de tierra en todos los conductores que estén conectados a él. El material con que son hechos es de Copperweld de 19 mm. de diámetro.

Dentro de los redondeles de todos los tanques existen drenaje aceitoso y drenaje pluvial independientes.

Los drenajes están arreglados en tal forma que las distintas áreas, como son: tanques de almacenamiento, casa de bombas, llenaderas de auto y carro-tanques, se encuentran debidamente aisladas por medio de sellos hidráulicos.

Al drenaje aceitoso llegan las purgas de los tanques. Estando provistos - de sardineles para evitar la entrada de materia extraña al drenaje y reducir al mínimo la captación de agua de lluvia. Cuenta con una válvula de bloqueo afuera de los muros de los tanques, siendo operable a nivel del piso. A la llegada de cada colector de tanques al troncal aceitoso se encuentran instalados sellos hidráulicos.

El drenaje pluvial cuenta con atarjeas para captar agua de lluvia de los redondeles de los tanques, los patios de maniobras y otros lugares donde la posibilidad de recibir derrames de derivados del petróleo es poca. A la salida del dique de contención se encuentra una válvula de bloqueo operable - desde el piso y tiene una indicación de "abierto-cerrado". Cuenta además, - con una conexión al drenaje general aceitoso dotada de una válvula de blo-  
queo.

Cada grupo de tanques está limitado por un muro de contención o dique. La altura de estos diques es de 1 m. para los esféricos de 20 mil bls. y de --- 0.25 m. para los otros. La separación que existe entre un tanque y otro es - de 20 a 24 m. en el caso de las enferas mayores y de 17.12 m. para las de 15 mil bls.

Para combatir incendios menores, como el de algún líquido o una grasa inflamable, o los que pudieran presentarse en o cerca del equipo eléctrico; - hay colocados estratégicamente dentro de los diques, extinguidores de polvo químico seco (base bicarbonato de potasio). En cada área se tiene el siguiente número de extinguidores:

AREA DE TE 101/104

7 Extinguidores de 9.08 Kg.  
2 Extinguidores de 159 Kg.

AREA DE TE 105/106

4 Extinguidores de 9.08 Kg.  
1 Extinguidor de 159 Kg.

## AREA DE TE 201/204

- 7 Extinguidores de 9.08 Kg.
- 2 Extinguidores de 159 Kg.

## AREA DE TE 119/124

- 10 Extinguidores de 9.08 Kg.
- 5 Extinguidores de 159 Kg.

## AREA DE TE 125/130

- 9 Extinguidores de 9.08 Kg.
- 4 Extinguidores de 159 Kg.

Los miembros estructurales de todas las esferas, para protegerlas contra un incendio, están recubiertas con Concreto F'c de  $200 \text{ Kg/cm}^2$ . Este concreto está amarrado a una malla de alambre de acero calibre 66 10/10.

## 2.3 SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO

La fuente de Abastecimiento de Agua Contra incendio es un tanque vertical con una capacidad de  $31,794 \text{ m}^3$ , almacenando agua limpia y dulce no potable.

Para alimentar la red de agua contra incendio se tienen en disposición 9 bombas centrífugas horizontales de caja bipartida, de las cuales 5 son impulsadas por motor eléctrico y 4 por motor de combustión interna. Dos de estas bombas impulsadas por motor de combustión interna se encuentran dentro de las instalaciones de la Planta Termoeléctrica de la Refinería. El demás equipo de bombeo y el tanque se encuentran ubicadas aproximadamente 2 Km. al sur del área de tanques que almacenan productos refinados.

Cada bomba tiene una capacidad de 2,500 GPM (158 lps) y dan una presión de descarga de  $9 \text{ Kg/cm}^2$  ( $128 \text{ lb/pulg}^2$ ); descargan a una línea de 12 pulg. de diámetro. La línea de descarga cuenta con una válvula de retención y dos válvulas de compuerta, colocadas en forma tal que se le pueda dar mantenimiento a la bomba como a la válvula de retención sin sacar de servicio la red de agua contra incendio.

Los motores de combustión interna cuentan cada uno con un sistema doble de baterías para arranque. Este motor arranca al fallar la corriente eléctrica y se parará al restablecerse la misma cuando estén trabajando las bombas con motor eléctrico.

Los motores eléctricos manejan una potencia de 350 HP. Los motores de combustión interna desarrollan una potencia continua de 325 HP a 1800 RPM y una potencia máxima de 400 HP a 2100 RPM.

La red de distribución de agua contra incendio tiene un diámetro de 30 pulgadas, y está pintada de rojo en los tramos que se encuentran sin enterrar. A abastece a hidrantes, monitores e instalaciones de aspersores de toda la Refinería. Para cada área a proteger se formaron anillos valvulados, para poder segregarse cualquier sección de la red.

Los hidrantes que se encuentran en el área de tanques esféricos están situados aproximadamente a 60 metros uno del otro. Los monitores están provistos de boquilla de niebla y chorro de 1½ pulgadas, pudiendo girar a 120° en el plano vertical y en círculo completo en el plano horizontal. Algunos monitores están colocados sobre plataformas elevadas protegidas por barandal y con escaleras de acceso.

### 2.3.1 INSTALACIONES PARA ENFRIAMIENTO

Cada tanque esférico es protegido individualmente de la siguiente manera:

Para la parte que comprende la superficie del hemisferio superior, el agua se aplica mediante un tubo de 8 pulg. de diámetro con deflector o cono - distribuidor situado en la parte superior de la esfera.

Para la superficie del hemisferio inferior el agua se aplica mediante boquillas de ángulo de cobertura amplio y cono lleno de 1 pulg. de diámetro, - tipo 1H11W de la "SPRAYING SYSTEMS", las cuales están en dos anillos:

- El primer anillo de 2½ pulg. de diámetro, está ubicado debajo del polo inferior de la esfera y tiene cuatro boquillas aspersoras.
- El segundo anillo de 6 pulg. de diámetro, está debajo de la línea del ecuador de la esfera a una distancia de 1.32 metros. La distancia entre las boquillas aspersoras y la pared del recipiente es de 0.76 me-

tros. Para los tanques de 15 mil bls., este anillo tiene 24 boquillas aspersoras y en los tanques de 20 mil bls. se tienen colocadas 31 boquillas aspersoras.

Debido a que los miembros estructurales que sustentan la esfera forman sombras o claros que impiden el desplazamiento uniforme del agua sobre las placas de las esferas, se tiene instalada una boquilla por cada miembro estructural, colocada en la parte interna superior de estos últimos, asegurando con esto el escurrimiento del agua en toda la superficie. Estas boquillas son alimentadas con ramales individuales de 1 pulgada de diámetro derivados del anillo superior de aspersores.

Tanto los tanques de 15 y 20 mil barriles tienen 12 soportes estructurales en su mayoría, los otros tienen 10 soportes estructurales.

La alimentación para cada esfera se hace por medio de un cabezal de 12 pulgadas de diámetro, el cual tiene las siguientes características:

Cada uno de los cabezales de alimentación está injertado a diferentes secciones del circuito de la red general de agua contraincendio.

La alimentación del cabezal es controlada en uno de sus extremos por una válvula automática con bloqueo para darle mantenimiento y es del tipo tapón de sello hermético, de dos posiciones: abierto-cerrado, operada por aire. - Esta válvula abre a falla de aire.

La alimentación del otro extremo del cabezal es controlado mediante una válvula de compuerta de acción manual, localizada fuera del dique.

El cabezal de alimentación tiene dos derivaciones: una para alimentar el cono distribuidor y otra con válvula de bloqueo (de compuerta) para alimentar los dos anillos de aspersores. Después de esta válvula está instalado un filtro en "Y" que no permite el paso de partículas mayores de 4.7 mm (3/16"), reteniendo materiales que pueden obstruir las boquillas.

Se tiene además, instalada una purga en la parte inferior de la línea de alimentación, permitiendo drenar el agua cuando el sistema no se opere.



## 2.4.2 SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA ENFRIAMIENTO

El sistema de enfriamiento es controlado mediante una válvula automática operada por solenoide, ya sea, recibiendo señal del tablero de control o a través del accionamiento de un switch de presión. (Fig. 2-3 Pag.102 )

El switch de presión consta de dos elementos: el Elemento Sensor de Presión y el Elemento de Conmutación. El elemento sensor es un conjunto accionado por un pistón equilibrado a presión, sellado por un diafragma flexible y un anillo "O" que es estático. En esta configuración hay sólo tres piezas húmedas: una lumbrera de presión, el diafragma y el anillo.

La presión promedio en el área del pistón contrarresta la fuerza del resorte de gama (ajustable mediante una tuerca) que desplaza el pistón sólo una milésima de pulgada para activar directamente el elemento de conmutación de resorte eléctrico. (Fig. 2-4 Pag. 103)

El switch de presión toma la presión de operación que existe en la línea de succión/recibo del tanque esférico, que es de  $50 \text{ Kg/cm}^2$ . Este interruptor está calibrado para accionar cuando haya una baja presión, disparando a  $35 - \text{Kg/cm}^2$ .

Al existir una baja presión, el switch de presión se acciona mandando una señal eléctrica a la válvula solenoide. Esta válvula puede operar ya sea recibiendo señal del tablero de control o del switch de presión.

Una válvula solenoide es una combinación de dos unidades funcionales básicas:

- a) Solenoide (Electroimán) con un núcleo fijo.
- b) El cuerpo de la válvula que incluye el orificio contra el cual un asiento hace contacto para cortar o dar paso al flujo (aire).

La válvula, entonces, abre o cierra mediante la acción del núcleo móvil, el cual es atraído por el solenoide cuando la bobina se energiza.

Las válvulas solenoide usadas en este sistema son de tres vías. Tienen tres conexiones roscadas y dos orificios (Un orificio está siempre abierto y el otro está siempre cerrado). (Fig. 2-5 Pag.104)

con la válvula desenergizada, el puerto de presión está abierto al puerto de salida (cilindro) y el puerto de desfogue se cierra. Al energizarse, se cierra el puerto de presión y el puerto de presión de salida se abre hacia el de desfogue, cortando con esto el suministro de aire a la válvula automática. (Fig. 2-6 Pag. 105 )

La válvula automática es operada neumáticamente, en la que al aplicarse -- aire a presión a la cámara superior, a dicha presión correspondera una fuerza que actuando sobre el diafragma lo desplazara hacia abajo junto con el vástago hasta equilibrarse con la fuerza del resorte, logrando con esto el bloqueo de la línea que suministra el agua de enfriamiento. (Fig. 2-7 Pag. 106 )

## CAPITULO III

"MODIFICACION DEL SISTEMA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCION CONTRA INCENDIO"

Las modificaciones que se proponen en este capítulo se han considerado de la crítica hecha a la comparación realizada entre: las medidas de seguridad y de protección contra incendio existentes en el área de almacenamiento de - GLP de la Refinería "Miguel Hidalgo" y, por un lado, las medidas que marcan los Códigos y Normas Aplicables, y por el otro, de los resultados obtenidos al aplicar el Criterio Básico de Diseño para garantizar el funcionamiento y la seguridad del sistema de contra incendio.

## 3.1 DELIMITACION DE AREAS (\*6)

Para delimitar las áreas peligrosas deben determinarse las posibles fuentes de peligro, y cada fuente de peligro considerarla rodeada por un volumen de atmósfera peligrosa que dependiendo de varias circunstancias, pertenecerá a la División 1 o la División 2. Asu vez, las áreas de la División 1 se consideran rodeadas por áreas de la División 2 de extensión suficiente - para garantizar la dilución hasta concentraciones no peligrosas de los gases o vapores inflamables contenidos en la atmósfera del área de la División 1.

Para fines prácticos, los volúmenes de la División 2 que rodeen a las - fuentes de peligro no necesariamente deben limitarse por círculos en los - planos horizontal y vertical, sino que pueden tener forma de paralelepípedos rectangulares, orientados según los ejes que correspondan a la disposición del equipo en la planta; pero en ningún caso estos paralelepípedos deben tener dimensiones menores a las distancias que se especifican a continuación: (Fig. 3-1 Pag.107 )

- 1) Cualquier registro abierto, venteo o respiradero del tanque, da origen a un área de la División 1 hasta una distancia de 1.5 m. en todas direcciones.

- 2) Se considera como área de la División 2, el espacio comprendido desde la superficie exterior del tanque hasta una distancia de 3m. en todas direcciones, debiendo además prolongarse el área peligrosa en el plano vertical hasta el nivel del piso.
- 3) Cuando el tanque cuente con muro de contención, se considera como área de la División 2 en cualquier plano vertical, toda el área situada dentro del muro de contención desde el nivel del piso hasta la altura del muro.

### 3.2 EQUIPO ELECTRICO (\*6, \*9)

Como medida de Seguridad, el equipo eléctrico debe instalarse siempre que sea posible fuera de las áreas peligrosas.

Cuando por ser indispensable, el equipo o las instalaciones eléctricas quedan localizados dentro de las áreas peligrosas de la Clase I, División 1 ó 2, deben de estar de acuerdo con lo que se especifique para cada uno de ellos a continuación:

#### INSTALACIONES DE FUERZA Y ALUMBRADO

Las instalaciones de fuerza y alumbrado deben de estar de acuerdo con lo siguiente:

DUCTOS. Divisiones 1 y 2. Deben ser hechos con tubo conduit rígido metálico roscado, Tipo 2, Calidad "A", de acuerdo con la Norma D.G.N. J-16-1951. - Todos los accesorios y uniones deben ser roscados para su conexión con el tubo, deben encajar por lo menos 5 vueltas completas de rosca.

Se debe evitar en lo posible, que los registros de los ductos subterráneos queden localizados dentro de las áreas de las Divisiones 1 y 2; pero cuando esto suceda, deben de emplearse cajas de registro a prueba de explosión.

CONEXIONES FLEXIBLES. Donde sea necesario emplear conexiones flexibles deben de estar de acuerdo con lo siguiente:

- a) División 1. Los tubos y accesorios flexibles deben ser a prueba de explosión.

- b) División 2. Los tubos y accesorios flexibles deben ser metálicos, o bien se puede usar cable "para uso rudo" que posea conductor de --- tierra.

CAJAS DE CONEXIONES. Las cajas de conexiones empleadas deben de estar de acuerdo con lo siguiente:

- a) División 1. Las cajas de conexiones deben ser del tipo a prueba de explosión.
- b) División 2. Las cajas de conexiones deben ser del tipo a prueba de vapor.

SELLOS. Para impedir el paso de gases, vapores o llamas a través de la tubería, se deben instalar sellos apropiados que cumplan con lo siguiente:

Divisiones 1 y 2. En todos los tubos que se conecten a cajas que contengan dispositivos capaces de producir arcos, chispas o altas temperaturas. Los sellos deben instalarse lo más cerca posible de las cajas, a una distancia máxima de 50 cm. de las mismas. Entre las cajas del dispositivo y el sello no debe existir ninguna otra caja o dispositivo similar.

RECEPTACULOS O CONTACTOS Y CLAVIJAS. Los receptáculos o contactos para mas de corriente de alumbrado y de fuerza, así como las clavijas que se conecten a ellos deben ser del tipo a prueba de explosión y contar con un medio para conectar el conductor de tierra del cable.

LAMPARAS FIJAS DE ALUMBRADO. Las lámparas fijas de alumbrado deben cumplir con lo siguiente:

- a) División 1. Deben ser del tipo a prueba de explosión y tener claramente marcada la potencia máxima del foco que puede emplearse. Dependiendo de su ubicación, las lámparas deben protegerse contra daños físicos por medio de rejillas apropiadas.
- b) División 2. Deben ser del tipo a prueba de vapor, excepto cuando pueden alcanzar bajo condiciones normales de operación temperaturas en su exterior que excedan el 80% de la temperatura de ignición del gas o del vapor inflamable que las rodea, en cuyo caso deben ser a prueba de explosión. Dependiendo de su ubicación las lámparas deben protegerse contra daños físicos por medio de rejillas apropiadas.

## SISTEMAS ELECTRICOS DE SEÑALES, ALARMA, CONTROL REMOTO Y COMUNICACIONES

Estos sistemas deben estar de acuerdo con lo siguiente:

Divisiones 1 y 2. Todos los aparatos y equipos de los sistemas eléctricos de señales, alarma, control remoto y comunicaciones que cuenten con contactos destinados a interrumpir el paso de corriente eléctrica, deben ser del tipo a prueba de explosión. Las instalaciones de estos sistemas deben cumplir con lo especificado para las instalaciones de fuerza y alumbrado.

### MODIFICACIONES

No hay necesidad de modificar el sistema eléctrico, pues de acuerdo a las dimensiones que marca el NEC para delimitar el área en donde existe un volumen de atmósfera peligrosa que rodea a cada esfera, ya sea de la División 1 o de la División 2, todo el equipo eléctrico es a prueba de explosión. Y fuera de esta zona, los postes de alumbrado es el único equipo eléctrico que no es a prueba de explosión, ya que aquí las concentraciones de gases inflamables no es peligrosa, además de haber una gran ventilación natural y estar alejados lo suficiente de cualquier atmósfera peligrosa.

### 3.3 SISTEMAS DE CONEXION A TIERRA (\*10)

Deben conectarse a tierra con cable de cobre suave desnudo para evitar que en algún momento puedan quedar a un potencial diferente del de tierra y ser tocados por alguna persona:

- a) Estructuras de Edificio, las que se deben conectar a la red general de tierras mediante cable de  $34 \text{ mm}^2$  (calibre N° 2 AWG), empleando de preferencia conectores soldables por fusión. Deben conectarse todas las columnas de las esquinas y las intermedias que sean necesarias para tener las conexiones a distancias que no excedan a 20m.
- b) Recipientes metálicos y Equipo Industrial o de Proceso para los que se usará de preferencia conexión soldable cableplaca, con cable de  $34 \text{ mm}^2$  (N° 2 AWG).

- c) Cubiertas metálicas que contengan o protejan equipo eléctrico, tales como transformadores o tableros, los que se deben conectar a la red de tierras empleando cable de  $34 \text{ mm}^2$  (Nº 2 AWG).
- d) Estaciones de Botones, con cable de  $34 \text{ mm}^2$  (Nº 2 AWG).
- e) Carcazas de Motores o Generadores de cualquier tamaño y de cualquier tensión empleando cable de  $34 \text{ mm}^2$  (Nº 2 AWG), o mayor para máquinas - de capacidad de corriente elevada.
- f) Ductos y Charolas metálicas para cables, para las que se usará cable de  $34 \text{ mm}^2$  (Nº 2 AWG).
- g) Carcazas de equipo eléctrico portátil, las que deben conectarse a tierra del contacto por medio de cable flexible de uso rudo que va - junto a los conductores de energía y tendrá su misma sección. Todas las clavijas como el recetáculo debe tener el polo especial para esta conexión.

Se deben conectar a tierra con cable de cobre suave desnudo para evitar la formación de cargas estáticas que puedan incrementarse y descargarse dando lugar a chispas:

- a) Los auto-tanque y carro-tanque en posición de carga y descarga, cuando se manejan líquidos inflamables, usando para tal objeto, por lo menos dos cables aislados flexibles de extensión de  $34 \text{ mm}^2$  (Nº 2 AWG).
- b) Las bombas para suministro de combustibles, sobre cuyas mangueras se deben arrollar en forma de espiral un cable de conexión a tierra de  $5.3 \text{ mm}^2$  (Nº 10 AWG), conectando a través de este cable, tanto el maneral o boquilla como el cuerpo de la bomba.
- c) El equipo mecánico en movimiento tales como volantes, cadenas, bandas, etc., siempre que sea posible.
- d) Las tuberías metálicas que conduzcan líquidos, vapores o gases inflamables dentro de las áreas de proceso y que no estén protegidas catódicamente, las que deben conectarse a tierra aproximadamente cada 20 m. con cable de  $34 \text{ mm}^2$  (Nº 2 AWG).

Con objeto de poder tomar las mediciones requeridas para conocer la resistencia de distintas secciones de la red de tierras se deben usar Barras de Tierra hechas de cobre de 6.5 mm. de espesor por 50 mm. de ancho, colocadas convenientemente sobre pared o columna y a 15 cm. de altura sobre el piso para hacer en ellas las conexiones de la red de tierra mediante conectores.

Para proteger mecánicamente a los cables que pasen de enterrados a la parte exterior, con objeto de que no queden ahogados en la loza del piso, se deben emplear tubos de protección hechos de tramos de tubo galvanizado de 19 mm. de diámetro.

Para los registros se deben emplear tramos de tubo de concreto o arcilla vitrificada de 20 cm. de diámetro por 45 cm. de longitud con el lado de la campana hacia arriba y con tapa de concreto para hacer accesible la conexión de cada varilla a la red de tierra.

#### MODIFICACIONES

No cabe realizar ninguna modificación al Sistema de Conexiones a Tierra existente, pues de acuerdo con lo anterior, se están protegiendo tanto a personas como a equipos, aparatos e instalaciones contra descargas atmosféricas, cargas estáticas, o choques eléctricos, producidos por diferencia de potencial, que pueden ser producidos por el contacto de conductores vivos en partes metálicas o bien por el paso de corriente de falla.

#### 3.4 DISTANCIA ENTRE TANQUES (\*3, \*2)

La distancia entre ellos debe ser de tres cuartos de la suma de sus diámetros.

Para los tanques esféricos con capacidad de 15 mil barriles y con un diámetro de 16.88 m., la distancia que debe existir entre ellos dentro de un grupo es de:

$$L = 3/4(D_1 + D_2)$$

$$L = 3/4(16.88 + 16.88)$$

$$L = 25.32 \text{ m.}$$

Ahora, para los tanques esféricos con capacidad de 20 mil bls. y con un diámetro de 19.66 m., la distancia que debe existir entre ellos dentro de un grupo es de:

$$L = 3/4(19.66 + 19.66)$$

$$L = 29.49 \text{ m.}$$



## MODIFICACIONES

La separación que existe entre los tanques esféricos de cada grupo es menor a la calculada, de acuerdo a lo considerado por las Normas de Seguridad Internacionales.

La idea de especificar una distancia, es minimizar el riesgo de inmiscuir a otras esferas, en caso de incendio, para que estas no sean alcanzadas por el fuego con peligro de incendiarse también, o que se calienten al percibir la radiación térmica de la esfera prendida.

Modificar la distancia entre cada tanque no sería la solución más viable, ya que el riesgo existente se puede reducir al contar con un buen sistema de enfriamiento para cada tanque esférico. Además de que el personal de contra-incendio ataque rápida y eficazmente el fuego. Y en caso de que llegará a es tallar la esfera, aún estando todas las esferas separadas a la distancia que debe ser, la probabilidad de que sean alcanzadas por un proyectil y dañarlas es grande.

### 3.5 MUROS DE CONTENCION (\*2, \*3)

Los muros de contención o diques para tanques esféricos que almacenan GLP, deben tener una altura de 0.5 m. Debiendo ser herméticos, sellarse alrededor de los puntos en los cuales pasen líneas de tubería. Además se debe evitar - el paso de líneas ajenas a los tanques a través del patio interior del dique.

## MODIFICACIONES

Los muros de contención o diques, usualmente no son necesarios debido a - que en caso de fuga del gas, la pronunciada volatilidad y su baja densidad - haría que se siguiera extendiendo más haya del dique y por lo tanto el dique no cumpliría su función principal que es de evitar que algún derrame se salga o se siga extendiendo hacia otras áreas.

En el caso de los muros de contención para los tanques de 20 mil bls. que miden más o menos 1 m. de altura; el tener un muro de ese tamaño puede ocasionar varios problemas:

- Dificultar la introducción al interior del patio: equipo y herramientas necesarias para labores de mantenimiento.
- Impedir tanto el acceso como la retirada rápida y cómoda del personal de contraincendio.
- Entorpecer las maniobras de ataque de algún incendio, ya sea con mangueras o con extinguidores.

Más bien, estos diques se usan para delimitar cada grupo de tanques, indicando al personal que este trabajando cerca de ahí que el área comprendida dentro del dique es peligrosa y además sirve como apoyo para el cálculo del número de extinguidores (según las dimensiones del dique) necesarios para la protección contraincendio del grupo de tanques.

Por tanto, cabría solamente modificar la altura de los diques de los tanques de 20 mil bls. a 0.5 m. de altura.

### 3.6 CANTIDAD Y DISTRIBUCION DE EXTINGUIDORES PARA INCENDIOS

En el área de tanques esféricos que almacenan GLP deben ir instalados extinguidores portátiles adecuados para combatir incendios de líquidos inflamables y combustibles, grasas, gases, etc. (clase B); así como los que pudieran presentarse en o cerca de equipo eléctrico energizado (clase C).

La protección contraincendio de una instalación de almacenamiento se debe proporcionar de la siguiente manera:

- a) Equipo manual para el combate de conatos de incendio (extinguidores de 9.08 ó 13.62 Kg (20 ó 30 lb) de polvo químico seco).
- b) Equipos de apoyo para combate de conatos e incendios (extinguidores sobre ruedas de 50, 68 ó 159 Kg (110, 150 ó 350 lb) de polvo químico seco).
- c) También se consideran como equipo de apoyo los extinguidores mayores de 159 Kg (350 lb) de polvo químico seco.

En la protección de los riesgos B, se debe considerar los riesgos C involucrados con objeto de seleccionar extinguidores con clasificación BC.

La superficie a proteger se considera la ocupada por un rectángulo medido a partir de los extremos del equipo ubicado en la periferia de cada planta.

Cuando dos secciones de una misma planta están separados por un área o pasillo de 5 m. o más de ancho, en la que no exista ningún equipo, se debe contabilizar la superficie de cada área por separado.

Cuando dos o más unidades de proceso identificados con diferentes claves, cuenten con equipo integrado en una misma área, se debe contabilizar esta área como una sola.

Para calcular las unidades de riesgo de incendio, se debe multiplicar el área de la instalación en metros cuadrados por el factor correspondiente según la clasificación del riesgo y el lugar a proteger de la Tabla 3-1.

Para determinar el tipo y tamaño de los extinguidores portátiles o de apoyo, en áreas clasificadas como riesgo moderado, leve o incipiente, se consideran las unidades de riesgo determinadas y de acuerdo con los valores establecidos en la Tabla 3-2, se obtiene el número de estos extinguidores según las condiciones del lugar a proteger.

Al total de las unidades de riesgo obtenidas, se les restaran las unidades de riesgo que cubren los extinguidores portátiles. Este remanente se cubrirá mediante extinguidores montados sobre ruedas, de acuerdo con la capacidad de extinción que se marca en la Tabla 3-2.

La distribución de los extinguidores manuales a través del área se hace de acuerdo a los puntos de posibles riesgos existentes en las mismas, procurando situar los extinguidores de manera que la distancia máxima de entre dos de ellos no sea mayor de 20 m. o la distancia para desplazarse por un extinguidor no exceda de los 10 m.

TABLA Nº 3-1

## UNIDADES DE RIESGO DE INCENDIO CLASE B (U.R.I.B)

CLASIFICACION DEL RIESGO	LUGAR A PROTEGER	SUP. EQUIV. A UNA U.R. B	FACTOR
INCIPIENTE	PATIOS DE TANQUES, PATIOS Y AREAS DE ESTACIONAMIENTO, OFICINAS Y EDIFICIOS SIM.	50 m <sup>2</sup>	0.02
LEVE	PLANTAS DE FZA., TORRES DE ENFRIAMIENTO, CALDERAS Y SERVICIOS AUXILIARES, LABORATORIOS. AREA DE ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE TAMBORES CON LIQUIDOS COMBUSTIBLES, TALLERES Y BODEGAS. AREA DE ALMACENAMIENTO DE TANQUES DE GAS, LLENADERAS DE CARROS -TANQUE DE GAS O LIQUIDOS INFLAMABLES. LLENADERAS DE AUTOS-TANQUE CON LIQUIDOS COMBUSTIBLES	10 m <sup>2</sup>	0.1
MODERADO	LLENADO DE TAMBORES CON LIQUIDOS INFLAMABLES. LLENADO Y DESCARGADERAS DE AUTOS-TANQUE CON GASES O LIQUIDOS INFLAMABLES. TRATAMIENTO DE EFLUENTES	5 m <sup>2</sup>	0.2
GRAVE	AREAS DE PURGA Y MUESTREO AREAS DONDE SE PROCESAN GASES O LIQUIDOS A UNA TEMPERATURA SUPERIOR A SU PUNTO DE INFLAMACION Y/O A UNA PRESION SUPERIOR A 1 Kg/cm <sup>2</sup> . EQUIPO DE PROCESO, ACUMULADORES, CASA DE BOMBAS, COMPRESORAS, ETC.	3.3 m <sup>2</sup>	0.3

TABLA N° 3-2

## UNIDADES DE CAPACIDAD DE EXTINCION ASIGNADAS A EXTINGUIDORES

TIPO DE EXTINGUIDOR	CAPACIDAD NOMINAL	UNIDADES DE EXTINCION	
		A	BC
POLVO QUIMICO SECO, BASE BICARBONATO DE SODIO	2.27 Kg ( 5 lb)	—	8
	4.54 Kg ( 10 lb)	—	12
	9.08 Kg ( 20 lb)	—	20
	13.62 Kg ( 30 lb)	—	20
	50.00 Kg (110 lb)	—	80
	68.00 Kg (150 lb)	—	80
	159.00 Kg (350 lb)	—	80
POLVO QUIMICO SECO, BASE BICARBONATO DE POTASIO	2.27 Kg ( 5 lb)	—	16
	4.54 Kg ( 10 lb)	—	20
	9.08 Kg ( 20 lb)	—	40
	13.62 Kg ( 30 lb)	—	60
	50.00 Kg (110 lb)	—	160
	68.00 Kg (150 lb)	—	160
	159.00 Kg (350 lb)	—	160
POLVO QUIMICO SECO ABC (BASE FOSFATO MONOAMONICO)	4.54 Kg ( 10 lb)	--2	20
	9.08 Kg ( 20 lb)	4	30
	13.62 Kg ( 30 lb)	6	40
	50.00 Kg (110 lb)	20	120
	68.00 Kg (150 lb)	20	120
	159.00 Kg (350 lb)	30	120
BIOXIDO DE CARBONO	2.27 Kg ( 5 lb)	—	4
	4.54 Kg ( 10 lb)	—	8
	6.81 Kg ( 15 lb)	—	10
	9.08 Kg ( 20 lb)	—	10
	23.00 Kg ( 50 lb)	—	16
	34.00 Kg ( 75 lb)	—	20
	45.00 Kg (100 lb)	—	30
AGUA	9.50 Lt (2½ gal)	2	—
ESPUMA MECANICA Y QUIMICA	9.50 Lt (2½ gal)	2	4B
	151.00 Lt (40 gal)	20	30B

Estas unidades equivalen en valor absoluto a las de riesgo.

## CALCULO DE LA CANTIDAD DE EXTINGUIDORES

El área de tanques de almacenamiento de GLP está clasificada de acuerdo a la Tabla N° 3-1 con un Riesgo Tipo Leve. Siendo la superficie equivalente a una Unidad de Riesgo B de  $10 \text{ m}^2$  y por tanto el factor correspondiente es de 0.1.

El cálculo se realiza considerando el área dividida por los 5 grupos de tanques esféricos. Y a cada grupo se le estima el número necesario de extinguidores para su protección.

El área estimada es la comprendida por el área del dique más el área ocupada por la tubería de recibo/succión de cada grupo de esferas, conocido como MULTIPLE.

Para combatir incendios de las Clases B y C se pueden emplear extinguidores de polvo químico seco a base de bicarbonato de sodio o de bicarbonato de potasio. Por las características del área, se usarán los extinguidores de polvo químico seco a base de bicarbonato de potasio ( $\text{KHCO}_3$ ). Como equipo portátil se usará el extinguidor de 9.08 Kg (20 lb) dado su fácil manejo.

Para el grupo de tanques TE 201/204, el cálculo es el siguiente:

Coordenadas:	N - 250.0	a	N - 320.0	=	70 m.
	W - 1227.0	a	W - 1311.0	=	84 m.

Area a proteger =  $70 \times 84 = 588 \text{ U.R.}$

Se necesitan 6 extinguidores de Polvo Químico Seco de 9.08 Kg (20 lb). Uno por cada esfera y dos en el pasillo del Multiple.

1 extinguidor de Polvo Químico Seco base  $\text{KHCO}_3$  de 9.08 Kg (20 lb) cubre 40 U.R. (Ver Tabla N° 3-2).

por tanto:

6 extinguidores cubren 240 U.R.

Al total de Unidades de Riesgo le restamos las Unidades de Riesgo que cubren los equipos portátiles y el remanente se cubrirá mediante extinguidores sobre ruedas de 50, 68 ó 159 Kg (110, 150 ó 350 lb) de capacidad nominal.

Unidades de Riesgo Remanentes = 588 - 240 = 340 U.R.R.

Como cada extinguidor sobre ruedas cubre 160 U.R., sólo podemos usar dos extinguidores de estos para cubrir las Unidades de Riesgo Remanentes. Estos dos extinguidores van a cubrir 320 U.R., las 28 U.R. faltantes se cubren — con 1 extinguidor de 9.08 Kg (20 lb).

En la Tabla N° 3-3 (Pag.108 ) se resumen los cálculos de las Unidades de Riesgo y el número de extinguidores necesarios para cada área de tanques.

#### MODIFICACIONES

Los extinguidores que se encuentran en el área de tanques esféricos cumplen con los requisitos establecidos en las Normas de Seguridad para Equipos e Instalaciones de Contraincendio. Y en base a estas, han sido seleccionados de acuerdo con la clase de riesgo a proteger y con las limitaciones o ventajas de cada uno de ellos, considerando las características del lugar.

Además, se cuenta con el número necesario de extinguidores para proporcionar protección contra incendio al área de almacenamiento de GLP.

### 3.7 CALCULO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO

Las condiciones básicas que deben tomarse en cuenta para lograr un cálculo de las redes de distribución de agua de contra incendio en las instalaciones industriales son las siguientes:

- Consumo de agua, en litros por minuto.
- Tiempo que se debe mantener el suministro.
- Presión que debe tener el agua de contra incendio a la salida de los hidrantes o monitores (nunca menor a  $7 \text{ Kg/cm}^2$  manométrica) y de los aspersores.

Estas tres condiciones se determinan de acuerdo con las dimensiones de las instalaciones y riesgos a proteger.

Es razonable suponer que un incendio ocurra en una unidad solamente y que las posibilidades de incendios simultáneos en varias plantas es muy remota.

El área de almacenamiento de GLP se debe proteger por medio de un sistema de aspersores y monitores, además de carretes de mangueras e hidrantes como refuerzo.

Después de los sistemas de aspersores, se procede a evaluar las necesidades de agua para los hidrantes y a los monitores.

#### 3.7.1 CALCULO DEL SISTEMA DE ASPERORES Y REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA ENFRIAMIENTO.

Las boquillas de aspersión se colocan en forma que cubran totalmente el área que se pretende proteger. La distribución y posición de las boquillas con respecto a la superficie a proteger, se hace tomando en cuenta el diseño particular de las boquillas y las características de la niebla que producen; además se consideran los efectos del viento y la succión o tiro producido por el calor del incendio sobre gotas de niebla finamente divididas, o incluso en gotas de mayores dimensiones cuando se trata de boquillas con baja velocidad inicial de flujo; ya que estos factores limitan la distancia entre boquillas y superficie por proteger, reduciendo la efectividad de la exposición, control o extinción del incendio.



Para calcular el sistema de aspersores para enfriamiento, existe una Norma: "Standards of the National Board of Fire Underwriters for Water Spray - Systems for Fire Protections". Esta Norma establece que el gasto mínimo por superficie que deben dar los aspersores es de  $10 \text{ lpm/m}^2$  ( $0.25 \text{ GPM/ft}^2$ ) para enfriamiento o protección contraincendio.

Consideramos básicas para el cálculo del sistema de aspersores lo siguiente:

- La boquilla aspersora seleccionada es del tipo 1HH11W de cono lleno de la "Spraying Systems Co.", con una capacidad de  $115 \text{ lpm}$  a  $5 \text{ Kg/cm}^2$  ( $30.38 \text{ GPM}$  a  $71.12 \text{ PSI}$ ), cubriendo un área cuyo diámetro es de  $264 \text{ cm}$ . ( $104 \text{ pulg}$ ) a una distancia de aspersión de  $76 \text{ cm}$ . ( $30 \text{ pulg}$ ). (\*5)
- El agua se suministrará a una densidad de aspersión de  $10 \text{ lpm/m}^2$  — ( $0.25 \text{ GPM/ft}^2$ ).
- Para el diseño de tuberías debe tomarse como base una velocidad de flujo en las líneas que fluctue entre  $1.08$  a  $3.05 \text{ m/seg}$  ( $6$  a  $10 \text{ ft/seg}$ ) y una presión de  $5.63 \text{ Kg/cm}^2$  ( $80 \text{ lb/pulg}^2$ ).

En base a estas consideraciones, vamos a calcular el número de aspersores que se requieren para proteger a cada tanque esférico. A continuación se muestra el procedimiento de cálculo para los tanques de  $15 \text{ mil bls.}$  de capacidad.

El gasto mínimo que se requiere se determina multiplicando la densidad de aspersión por el área del recipiente:

$$A = \pi D^2$$

$$A = \pi (16.886)^2$$

$$A = 895.78 \text{ m}^2$$

por tanto el gasto mínimo requerido es:

$$Q = 10 \text{ lpm/m}^2 (895.78 \text{ m}^2)$$

$$Q = 8957.8 \text{ lpm.}$$

Este es el gasto que se requiere para cubrir toda la superficie del recipiente. Pero como el cono distribuidor va a cubrir la mitad superior de la esfera, por tanto el gasto que van a manejar las boquillas aspersoras es de  $4478.92 \text{ lpm}$ .

Ahora bien, si cada aspersor maneja una capacidad de 115 lpm, entonces el número de aspersores para cubrir la mitad inferior del recipiente es:

$$\text{Número de Aspersores} = \frac{4478.92 \text{ lpm}}{115 \text{ lpm/asp}} = 38.94 \text{ asp.}$$

$$\text{Número de Aspersores} = 39 \text{ asp.}$$

Por tanto el gasto para el sistema de aspersores es de:

$$Q = 115 \text{ lpm/asp} \times 39 \text{ asp.}$$

$$Q = 4485 \text{ lpm.}$$

Y el gasto total para enfriamiento es el gasto que maneja el sistema de aspersores más el gasto que maneja el cono distribuidor:

$$Q = 4485 \text{ lpm} + 4478.92 \text{ lpm}$$

$$Q = 8963.92 \text{ lpm.}$$

Siguiendo el mismo procedimiento para los tanques esféricos de 20 mil bls. con un diámetro de 19.66 m., el número de aspersores requeridos es de 53 y el gasto total para enfriar el recipiente es de 12,166.373 lpm.

### 3.7.2 INSTALACIONES PARA ENFRIAMIENTO (\*22)

Para cubrir la superficie del hemisferio superior se hace por medio de un cono distribuidor.

Para cubrir la superficie del hemisferio inferior, el agua se aplica mediante boquillas aspersoras, las cuales se distribuyen en 2 anillos:

- El primer anillo debe situarse debajo del polo inferior, teniendo cuatro boquillas aspersoras, distanciadas entre sí de tal manera que los extremos horizontales de los conos de aspersión se traslapen.
- El segundo anillo debe ubicarse abajo de la línea del ecuador de la esfera, a una distancia de un radio de cobertura del cono de aspersión. En este anillo las boquillas deben estar distanciadas entre sí, de tal manera que los extremos horizontales de los conos se traslapen, y la distancia de las boquillas aspersoras y la pared del recipiente debe ser de 0.76 m. (30 pulg) mínimo. Además por medio de ramales individuales derivados de este anillo, se cubre la parte superior interna de los miembros estructurales para asegurar el escurrimiento y la protección total del recipiente.

## 3:7:3 CALCULO DE LA TUBERIA (\*4)

Los materiales de tubería y accesorios recomendables para la construcción de redes de agua de contraincendio, deben ser compatibles con el tipo de agua y se seleccionan de acuerdo con la Tabla N° 3-4 (Pag. 109 ).

El cálculo del diámetro de la tubería se hace en base al gasto que va a conducir y a las condiciones de diseño para tuberías.

Para calcular el diámetro de la tubería, usaremos el Método de Prueba y error, en el cual para aceptar un diámetro como apropiado, se debe encontrar la velocidad del fluido en el rango de 1.80 a 3.05 m/seg (6 a 10 ft/seg) además de no tener una caída de presión alta.

A continuación se muestra el procedimiento del cálculo del diámetro del Primer Anillo de los tanques de 15 mil barriles de capacidad.

El Primer Anillo es alimentado con un gasto de 460 lpm (121.52 GPM). Este gasto al llegar al anillo (a una TE) se divide en dos partes, de modo que una parte va a alimentar a dos boquillas aspersoras y la otra a las otras dos. Por tanto el anillo se debe diseñar con un gasto de 230 lpm (60.76 GPM).

Suponiendo que la tubería apropiada para conducir este gasto sea de 2 — pulgadas de diámetro cédula 40. La velocidad del fluido se obtiene aplicando la siguiente relación: (\*4)

$$V = 0.0328 Q/d^2$$

donde: V es la velocidad del fluido, en m/seg.

Q es el gasto, en lpm.

d es el diámetro interior, en pulg. (Se toma de la Tabla N° 3-5 (Pag. 110 )(\*4).

sustituyendo los valores en esta relación, tenemos:

$$V = 0.0328(230)/(2.067)^2$$

$$V = 1.76 \text{ m/seg.}$$

La caída de presión por cada 100 metros va a estar dada por la siguiente fórmula: (\*4)

$$\Delta P/100 = 0.02 V^2 f/d$$

donde:  $\Delta P/100$  es la caída de presión cada 100 metros, en  $\text{Kg/cm}^2$ .

$V$  es la velocidad del fluido, en m/seg.

$Q$  es la densidad del fluido, en  $\text{Kg/m}^3$ .

$f$  es el coeficiente de fricción.

$d$  es el diámetro interior de la tubería, en pulg.

El factor de fricción se encuentra en la Fig. N° 3-3 (Pag. 114) (\*4), relacionando el Número de Reynolds y el diámetro nominal de la tubería.

El Número de Reynolds se encuentra de la siguiente relación: (\*4)

$$Re = 0.836 Qq/\mu d$$

donde:  $Re$  es el Número de Reynolds.

$Q$  es el gasto, en lpm.

$q$  es la densidad del fluido, en  $\text{Kg/m}^3$ .

$\mu$  es la viscosidad absoluta, en centipoises.

Con una temperatura de  $15.6^\circ\text{C}$  ( $60^\circ\text{F}$ ) (temperatura ambiente) y una presión de  $5.62 \text{ Kg/cm}^2$  ( $80 \text{ lb/pulg}^2$ ), determinamos la densidad y la viscosidad del fluido en la Tabla N° 3-6 (Pag. 112) y en la Fig. N° 3-2 (Pag. 113) (\*4) respectivamente:

$$Q = 998.59 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\mu = 1.12 \text{ cp.}$$

Por tanto el Número de Reynolds es:

$$Re = 0.836(230)(998.59)/(1.12)(2.067)$$

$$Re = 0.8294 \times 10^5.$$

por tanto

$$f = 0.021$$

Sustituyendo estos valores, obtenemos la caída de presión por cada 100 metros:

$$\Delta P/100 = 0.02(1.76)^2(998.59)(0.021)/(2.067)$$

$$\Delta P/100 = 0.636 \text{ Kg/cm}^2.$$

Tanto la velocidad como la caída de presión están dentro de los criterios para el diseño de tuberías. Por tanto el Primer Anillo debe tener un diámetro de 2 pulg. cédula 40.

En la Tabla N° 3-7 (Pag. 115) se muestran los cálculos para dimensionar el sistema de enfriamiento en la forma recomendada, tanto para los tanques esféricos de 15 y 20 mil barriles de capacidad.

En la Fig. N° 3-4 (Pag. 116) se muestra el arreglo del sistema de enfriamiento para los tanques esféricos en general.

#### 3.7.4 RED DE AGUA CONTRA INCENDIO (\*14)

Para dimensionar el cabezal general de agua contra incendio en el área de esferas, hay que tomar como base de diseño el gasto de agua de contra incendio requerido para cubrir el mayor riesgo que pueda ocurrir en esa área.

Este gasto de agua de contra incendio comprende lo necesario para utilizar los hidrantes y monitores más cercanos al área en peligro y el requerido para enfriamiento.

En el caso de agua de enfriamiento, se considera que en caso de incendio de una de ellas, se abrirán solamente los sistemas de agua a los conos superiores de todas las esferas comprendidas en un radio de 2.5 veces el diámetro de la esfera considerada. (\*8)

Para nuestro análisis, consideramos que el mayor riesgo se presentará cuando exista fuego en el tanque esférico TE-126. Esta consideración es en base a lo siguiente:

- El grupo en donde se encuentra este tanque esférico está limitado al norte por la Casa de Bombas N° 3 y al sur por el tanque vertical TV-300, que está diseñado para que almacene en el futuro propano refrigerado.
- Se tendría que accionar el sistema de enfriamiento para cubrir el hemisferio superior de 3 esferas.
- Esta localizada en el grupo más alejado de las bombas de contra incendio.

Por tanto el gasto requerido para enfriamiento será:

GASTO PARA ENFRIAMIENTO = GASTO PARA ENFRIAR COMPLETAMENTE EL TANQUE  
ESFÉRICO TE-126.

+ GASTO PARA ENFRIAR EL HEMISFERIO SUPERIOR DE  
LOS TANQUES ESFERICOS TE-125/127/129 (POR ESTAR  
COMPRENDIDOS DENTRO DEL AREA DE PELIGRO).

GASTO PARA ENFRIAMIENTO = 12,166.373 lpm + 3(6,071.373 lpm)

GASTO PARA ENFRIAMIENTO = 30, 380.492 lpm.

El agua que se requiere para utilizar los hidrantes y monitores, así como el número y distribución de estos, es sumamente importante que cumplan con las condiciones de cálculo y diseño, pues cuidando estos puntos tendremos una mejor protección del área.

Al atacar un incendio, lo primero es evitar que el fuego se extienda y aplicar agua para enfriar los tanques esféricos que puedan afectarse. Los hidrantes (junto con los carretes de mangueras) y los monitores, ayudan a confinar el área incendiada, a proteger a las brigadas de contraincendio, enfriar las esferas y la extinción del fuego.

Para lograr lo anterior, debemos tomar en cuenta los siguientes Criterios de Diseño para Hidrantes y Monitores:

Los hidrantes deben ser diseñados para que por cada toma proporcionen los siguientes gastos:

DIAMETRO NOMINAL	LPM	GPM
38 mm (1½ pulg.)	360	100
63 mm (2½ pulg.)	960	250

Se pueden utilizar hasta 8 tomas para mangueras incluyendo monitores, como máximo.

El gasto que se necesita debe ser el necesario para alimentar los hidrantes y/o monitores que deban emplearse más un 30% de exceso para absorber fugas o conexiones adicionales.

La presión disponible en la toma localizada en las condiciones más desfavorables, es de 7 kg/cm<sup>2</sup> (100 lb/pulg<sup>2</sup>) como mínimo.

La caída de presión a través del hidrante y/o monitor no debe ser mayor a  $0.14 \text{ Kg/cm}^2$  ( $2 \text{ lb/pulg}^2$ ) al estar trabajando con su gasto máximo.

La velocidad del agua en la tubería no debe ser mayor de  $3.05 \text{ m/seg}$  ( $10 \text{ ft/seg}$ ) para evitar caídas excesivas de presión. La velocidad del fluido será entre  $1.80$  y  $3.05 \text{ m/seg}$  ( $6$  a  $10 \text{ ft/seg}$ ).

En áreas de instalaciones de proceso y almacenamiento de productos altamente inflamables, los hidrantes se deben colocar a una distancia no mayor de  $60 \text{ m}$ , uno del otro.

Los monitores se deben colocar de acuerdo al alcance que tengan con chorro y niebla, su disposición y la forma inherente del equipo a proteger.

Ahora, considerando los puntos anteriores, el gasto requerido para hidrantes y monitores, es el que proporcionen  $8$  tomas de  $2\frac{1}{2}$  pulg. más un  $30\%$  de exceso. Por tanto, el gasto necesario será:

$$\text{Gasto para Hid. y Mon.} = 8(960 \text{ lpm}) + 8(960 \text{ lpm} \times 0.3)$$

$$\text{Gasto para Hid. y Mon.} = 9,984 \text{ lpm.}$$

Teniendo ya el gasto necesario para enfriamiento y el requerido para usar los hidrantes y monitores, podemos obtener el diámetro de la tubería del cabezal general de agua contraincendio.

El Gasto Total que va a conducir este cabezal es:

$$\text{Gasto Total} = \text{Gasto para Enfriamiento} + \text{Gasto para Hid. y Mon.}$$

$$\text{Gasto Total} = 30,380.492 \text{ lpm} + 9,984 \text{ lpm}$$

$$\text{Gasto Total} = 40,364 \text{ lpm.}$$

Siguiendo el Método de Prueba y Error, para este caso, suponemos apropiada una tubería de  $30$  pulg. de diámetro cédula  $20$ . Por tanto la velocidad del fluido será:

$$V = 0.0328(40,364)/(29)^2$$

$$V = 1.574 \text{ m/seg.}$$

el Número de Reynolds será:

$$Re = 0.836(40,364)(998.59)/(1.12)(29)$$

$$Re = 1.0374 \times 10^6$$

por tanto

$$f = 0.0125$$

y finalmente obtenemos la caída de presión cada 100 metros:

$$\Delta P/100 = 0.02(1.5/4)^2(998.59)(0.0125)/(29)$$

$$\Delta P/100 = 0.021 \text{ Kg/cm}^2.$$

La velocidad del fluido está un poco abajo del rango para Diseño de Tuberías pero si se redujera el diámetro, la caída de presión sería demasiado alta. Por tanto se considera apropiada la tubería de 30 pulg. de diámetro cédula 20 para conducir el agua contraincendio de esta zona.

### 3.7.5 EQUIPO DE BOMBEO (\*19)

El Equipo de Bombeo debe proporcionar el agua en la cantidad y presión adecuada, de acuerdo con las necesidades y riesgos a proteger.

### CRITERIOS DE DISEÑO

De acuerdo con la naturaleza de las instalaciones y la cantidad de tomas de agua contraincendio disponibles, debe haber como mínimo 2 bombas en cada estación, actuadas por motor eléctrico y otra por motor de combustión interna o turbina de vapor. Para casos en que por el tamaño de la instalación sea necesario únicamente una bomba de agua contraincendio, ésta debe ser impulsada de preferencia por motor de combustión interna.

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

Cuando se utilice motor de combustión interna para mover las bombas, éste debe tener una potencia de por lo menos 20% mayor que la máxima potencia requerida por la bomba a la velocidad de régimen.

Los motores de combustión interna acoplados a bombas de contraincendio, deben tener un sistema doble de baterías para arranque o bien tener un sistema doble de recargas basado en el generador de la propia máquina y una fuente externa de potencia. Además estarán provistos de gobernador de velocidad, generador y regulador de alto voltaje, y los aditamentos usuales que indiquen



la presión de aceite y otras consideraciones de operación. El agua de la --  
descarga de la bomba debe enfriar el motor. Los tanques de combustible de--  
ben contener la cantidad suficiente para operar la bomba en forma continua  
por lo menos durante dos horas.

Las casas de bombas contraincendio deben ser de materiales no combustibles,  
así como situadas y construidas de tal manera que no exista riesgo de explo--  
sión o de incendio en las cercanías ni daños por factores metereológicos. Es--  
tas casas deben ser lo suficientemente amplias y las bombas y tuberías de suc--  
ción y descarga deben estar arregladas de tal manera que faciliten la opera--  
ción, su mantenimiento y reparación.

Las bombas deben ser del tipo turbina vertical y/o centrífuga horizontal  
de caja bipartida, dependiendo de las condiciones de succión.

De preferencia debe existir un sistema automático de arranque de las bom--  
bas de contraincendio, si esto es posible, que las ponga en servicio escalo--  
nadamente al descender la presión de la red de contraincendio por debajo del  
mínimo convenientemente fijado.

Deben estar provistas de un manómetro en la descarga de escala adecuada y  
otro manómetro con escala de presión-vacío instalado cerca de la succión de  
la bomba.

La línea de descarga de la bomba debe contar con una válvula de retención,  
además de una válvula de compuerta colocadas en forma adecuada.

Las líneas eléctricas de fuerza y control deben ser subterráneas y entuba--  
das hasta la conexión a los motores de las bombas. Los interruptores deben  
contar con dispositivos que permitan el arranque del motor al mismo tiempo  
que proporcionan la protección de corto circuito requerida; no debiendo --  
existir ningún otro dispositivo de sobrecorriente entre el lado de carga del  
interruptor y el motor.

#### CARGA Y CAPACIDAD DE LAS BOMBAS

Para alimentar la red de agua contraincendio se deben instalar bombas cu--  
yo impulsor tenga una característica tal que cuando el gasto sea cero, la --

presión desarrollada debe ser del 120% de la carga total requerida, tratándose de bombas horizontales. Para bombas turbina vertical la presión desarrollada debe llegar al 140% del valor nominal.

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

La línea de succión de la bomba debe tener el diámetro necesario para que pueda circular el 150% del gasto total con una velocidad no mayor de 1.5 m/seg (5 ft/seg). Este tubo debe ser tan corto y recto como sea posible, evitando codos y accesorios, procurando que las conexiones resulten perfectamente selladas. Cuando haya necesidad de usar reducciones en las líneas de succión horizontales, éstas deben ser excéntricas colocadas con la parte recta hacia arriba.

La capacidad de las bombas debe ser tal que permitan mantener los gastos y presiones necesarias incluso en el caso que se tengan abiertos todos los hidrantes adecuados para sofocar el incendio más grande, de acuerdo con los riesgos existentes. Esta capacidad depende del número de hidrantes o tomas alimentadas simultáneamente como se indica a continuación:

CAPACIDAD NOMINAL	GPM	250	500	750	1000	1500	2000	2500
	lps	16	31	47	63	94	126	158
Nº de tomas para mangueras de:	2½	1	2	3	4	6	6	8
	2¾	3	6	9	12	18	18	24

Las líneas de descarga de la bomba debe ser de los diámetros que se indican en la siguiente tabla:

CAPACIDAD NOMINAL	GPM	250	500	750	1000	1500	2000	2500
	lps	16	31	47	63	94	126	158
Diámetro de la Tubería de Descarga	pulg	4	6	8	8	10	10	12
	mm	102	152	203	203	254	254	305

Los motores acoplados a las bombas de agua de contraincendio deben ser por lo menos de la potencia indicada en la tabla adjunta:

GPM	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
lps	31	47	63	79	94	126	158
HP	40	60	75	100	125	150	200

### 3.7.6 FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRAINCENDIO

La fuente de abastecimiento debe tener capacidad suficiente para asegurar un suministro continuo. Se recomienda que la capacidad sea del 150% del gasto total necesario para satisfacer el riesgo mayor de la instalación durante un período de 8 horas, mínimo.

#### MODIFICACIONES

Dentro del sistema de contraincendio, la fuente de abastecimiento, el equipo de bombeo y las redes de distribución de agua contraincendio son las apropiadas. Las modificaciones se proponen para el sistema de enfriamiento, habiendo dos casos por considerar:

- 1) El número de boquillas aspersoras destinadas para enfriar el hemisferio inferior de los tanques esféricos no es el correcto. La cantidad de boquillas aspersoras que faltan en el segundo anillo, es en promedio de 5.

El problema que ocasionaría esto, es no aplicar un enfriamiento adecuado a la esfera que se este quemando, y por consiguiente la probabilidad de que el tanque explote por un sobrecalentamiento es grande (Fenómeno BLEVE).

- 2) El diámetro de la tubería de los dos anillos y la de alimentación para el primer anillo es incorrecta.

De acuerdo al diámetro de estas tuberías, el fluido al circular - por éstas no tendrá la velocidad suficiente para garantizar la efectividad de las boquillas aspersoras y por tanto el enfriamiento será deficiente.

Ahora, refiriendose al equipo de bombeo, en la Tabla N° 3-8 están condensados los cálculos para determinar la presión que necesitan entregar las bombas a la descarga, y con esto evaluar si las bombas, de acuerdo a su curva de operación (Fig. 3-5 Pag.125 ), cumplen con las necesidades de gasto y presión requeridas para el seguro funcionamiento del sistema de protección contra incendio.

De acuerdo a los resultados obtenidos y las características del equipo, - tanto las instalaciones como el equipo de bombeo cumplen la mayoría, sino es que con todo, con las condiciones de Diseño y de Operación que dictan las — Normas de Seguridad sobre equipos e instalaciones para la protección contra incendio de los tanques esféricos que almacenan GLP.

Las modificaciones que se proponen son:

- 1) Instalar las boquillas necesarias para poder conseguir un apropiado enfriamiento de cada tanque esférico.
- 2) Cambiar los anillos y las líneas de alimentación para los primeros, por otros que estén construidos con una tubería del diámetro apropiado, para obtener la velocidad requerida que garantice el buen funcionamiento de las boquillas aspersoras.

### 3.8 DRENAJES (\*12)

#### 3.8.1 CALCULO DEL DRENAJE

Los requisitos básicos que se deben tomar en cuenta para lograr un diseño - adecuado en los sistemas de drenaje en zonas industriales, son las siguientes:

- Poligonal de apoyo del levantamiento topográfico relacionándola con las coordenadas geográficas del lugar.
- Indicar la localización de árboles; postes de líneas de conducción eléctrica, telégrafo, teléfono; soportes de tubería que soporten algún fluido e instalaciones subterráneas existentes, indicando para estas instalaciones: el diámetro, nivel de arrastre, pendiente, tipo de material y su servicio.
- Vías de comunicación de acceso al área en estudio, tales como calles, caminos, vías ferreas, etc.
- Croquis de localización general y su ubicación con respecto a la población más cercana.
- Dirección de vientos dominantes y reinantes.
- Punto de descarga de las aguas pluviales y desechos industriales indicando niveles.

Con los datos anteriores nos damos una idea de la localización del área - de la planta en estudio, el punto o los puntos convenientes de salida de tubería de drenaje, los niveles adecuados para poderse conectar al sistema general fuera de la planta y en función de estos proyectos un sistema de drenaje dentro del área de dicha planta.

#### REQUISITOS DE DISEÑO

El gasto de diseño (Q) es tomado como base para dimensionamiento de líneas de drenaje atendiendo a las necesidades futuras.

## VELOCIDADES DE DISEÑO

La mínima velocidad admisible es de 0.75 m/seg debido a la presencia de arenas gruesas, gravas, cascajo, etc., que arrastran las aguas en áreas descubiertas; pero conviene llegar a 0.90 m/seg. Debido al carácter abrasivo de los materiales sólidos, debe evitarse por otra parte, que la velocidad sea excesivamente alta, considerándose un valor máximo de 2.5 m/seg.

Velocidades en tuberías de drenaje menores de las mínimas, provoca la precipitación de los sólidos haciéndose necesaria una limpieza más frecuente.

## PENDIENTES REQUERIDAS

Se debe usar una pendiente de 0.01 metro por metro (o sea 1%) aproximadamente, excepto para tuberías cortas donde debe ser mayor. La pendiente mínima puede ser de 0.005 metros por metro (0.5%) aproximadamente; ésta se puede reducir aún más siempre y cuando se mantenga la velocidad recomendada.

## PROFUNDIDAD MINIMA

Las tuberías de drenaje se deben localizar a 20 cm. a lomo de tubo, como mínimo, bajo las canalizaciones eléctricas.

La profundidad mínima del lomo de los tubos dentro de áreas de proceso, debe ser de 60 cm. con respecto al nivel del piso terminado (NPT).

Fuera de las áreas de proceso, la profundidad mínima del lomo del tubo, debe ser de 50 cm.

No se debe alojar ninguna tubería de drenaje debajo de las cimentaciones de una construcción.

## REGISTROS

Se deben localizar en:

- a) Las uniones de las líneas troncales

- b) Los cambios de dirección, pendientes o de diámetros.
- c) Donde existan uniones de ramales con líneas troncales.

Los registros se deben proyectar a una distancia entre ellos, equivalente en metros a los centímetros que tenga el diámetro nominal de los tubos, pero nunca mayor de 50 m.

#### PARTE-AGUAS

Es la línea que limita el área de escurrimiento y define generalmente el nivel de referencia (NPT).

El área debe subdividirse con parte-aguas en superficies de  $324 \text{ m}^2$  (máxima) y de  $256 \text{ m}^2$  (mínima).

Los parte-aguas deben limitar rectángulos de lozas con relación largo ancho no mayor de 1.25 y de preferencia, estos deben ser iguales en todo el conjunto, excepto en la liga del pavimento con edificios, diques, vías, etc.

El máximo recorrido del líquido al registro debe ser de 15 m.; la pendiente al registro no debe ser menor de 1%.

Los ramales se deben disponer en forma de peine, orientados hacia los colectores, ya que de esa manera se eliminan rápida, segura, económica y eficientemente las aguas residuales.

#### DIAMETRO DE TUBERIA DEL DRENAJE

El diámetro mínimo que deben tener las tuberías de los ramales que colectan agua de copas de purga, debe ser de 101 mm (4 pulg.); para una longitud máxima de 6 m. y para una longitud mayor de 6 m., el diámetro mínimo debe ser de 150 mm (6 pulg.). Para drenaje pluvial, el diámetro mínimo debe ser de 204 mm (8 pulg.).

## SELLOS HIDRAULICOS

A la llegada de cada colector de tanques al troncal aceitoso se debe instalar sello hidráulico.

## 3.8.2 CRITERIO DE CÁLCULO PARA DRENAJES

El cálculo de una red de drenaje consiste en desalojar un determinado caudal de agua, que puede ser según sea la aportación de volumen de agua que resulte mayor entre el agua pluvial o el agua de contraincendio.

Para calcular la cantidad de agua pluvial que hay que desaguar, vamos a utilizar el Método Racional Americano. Este método está basado en el hecho de que la precipitación intensa es de corta duración, es decir, la intensidad de la lluvia es función del tiempo; para el análisis de cada uno de los factores que afectan la estimación del escurrimiento superficial puede hacerse por separado y la expresión matemática es:

$$Q = \frac{AIR}{3600}$$

En donde: Q es el Gasto en litros por segundo a desaguar.

A es la Superficie en metros cuadrados del área por drenar.

I es el Coeficiente de Escurrimiento.

R es la Precipitación Pluvial en mm. por hora.

El coeficiente de escurrimiento es la relación entre la cantidad de agua a evacuar y la cantidad de agua llovida. Los valores medios reducidos a través de la experiencia vienen en la siguiente Tabla:

## COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

NATURALEZA DE LA SUPERFICIE	VALORES DE I
CUBIERTA DE EDIFICIOS	de 0.70 a 0.95
PAVIMENTOS ASFALTICOS DE BUENA CALIDAD	de 0.85 a 0.90
PAVIMENTO DE CONCRETO, ADOQUIN, ETC. CON JUNTAS PERMEABLES	de 0.50 a 0.70



## COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

NATURALEZA DE LA SUPERFICIE	VALORES DE I
IDEM. CON JUNTAS IMPERMEABLES	de 0.75 a 0.85
PAVIMENTOS DE GRAVAS GRUESAS (PIEDRA BOLA)	de 0.15 a 0.30
SUPERFICIES NO PAVIMENTADAS (TERRACERIAS, REVESTIDAS, ETC.)	de 0.10 a 0.40
PARQUES, PRADOS, BOSQUES (MUY VARIABLE CON LA PENDIENTE DEL SUELO Y CON LA CLASE DE SUBSUELO)	de 0.05 a 0.25

## MODIFICACIONES

Al realizar la comparación entre los requisitos establecidos para el Diseño de Drenajes en Zonas Industriales y el drenaje que existe tanto para el - comprendido en cada grupo de esferas como para el área en general de almacenamiento de GLP, se observo que el área de los tanques esféricos TE-125/130 es el único lugar donde el drenaje pluvial no cumple con los requerimientos para que éste sea funcional. Por lo que respecta a los demás drenajes y a la red general de drenajes tanto pluvial como aceitoso, están dentro de lo establecido para el diseño de estos.

El análisis es el siguiente:

En el párrafo 3.7.4 se dio el gasto estimado de 40,364 lpm de agua contra incendio requerida para cubrir las necesidades de enfriamiento a las esferas y para atacar el incendio de mayor riesgo con hidrantes y monitores, en el - área de tanques esféricos TE-125/130 (considerada está área como la que en - donde puede ocurrir el mayor riesgo).

De acuerdo a lo establecido para dimensionar el drenaje pluvial, necesita mos calcular además el gasto de agua colectada por precipitación pluvial, pa ra poder comparar este gasto con el gasto de agua contra incendio necesaria - para cubrir el mayor riesgo, y así ver cual es él que aporta mayor volumen - de agua para así tomarlo como base de diseño para dimensionar el drenaje - pluvial.

Para calcular el gasto de agua colectada por precipitación pluvial, aplicamos el Método Racional Americano. Los datos que necesitamos son:

$$A = 104.16 \times 80 \text{ (Dimensiones del dique)}$$

$$A = 8,332.8 \text{ m}^2$$

I = PAVIMENTO DE CONCRETO, ADOQUIN, ETC., CON JUNTAS IMPERMEABLES

$$I = (0.75 + 0.85)/2$$

$$I = 0.80$$

$$R = 70.80 \text{ mm/hr (Máxima precipitación pluvial)}$$

Sustituyendo estos valores en la relación:

$$Q = \frac{AIR}{3600}$$

obtenemos:

$$Q = (8,332.8)(0.80)(70.80)/3600$$

$$Q = 131.102 \text{ lps}$$

$$Q = 7,866.163 \text{ lpm}$$

Este es el mayor gasto que se recolectaría por precipitación pluvial.

Por tanto el drenaje pluvial debe tener las dimensiones necesarias para - poder desalojar 40,364 lpm (672.734 lps).

En la Fig. N° 3-7 (Pag.127 ) está trazada la red del drenaje pluvial existente (en el área en estudio), en donde se indica además la localización de las rejillas y registros, dimensiones de las tuberías, profundidad, pendientes y la ruta del drenaje.

El área está dividida en 4 parte-aguas y de acuerdo a sus dimensiones cada una captará el siguiente volumen de agua:

Por cada metro cuadrado tendremos el siguiente gasto

$$\frac{Q}{A} = \frac{672.734 \text{ lps}}{8,332.16 \text{ m}^2} = 0.0874 \text{ lps/m}^2$$

entonces:

$$A_1 = (55.16 \text{ m})(42 \text{ m}) = 2316.72 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 2316.72 \text{ m}^2 \times 0.0874 \text{ lps/m}^2 = 187.052 \text{ lps.}$$

$$A_2 = (49 \text{ m})(42 \text{ m}) = 2058 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 2058 \text{ m}^2 \times 0.0874 \text{ lps/m}^2 = 166.163 \text{ lps.}$$

$$A_3 = (55.16 \text{ m})(38 \text{ m}) = 2096.08 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 2096.08 \text{ m}^2 \times 0.08074 \text{ lps/m}^2 = 169.238 \text{ lps.}$$

$$A_4 = (49 \text{ m})(38 \text{ m}) = 1862 \text{ m}^2$$

$$Q_4 = 1862 \text{ m}^2 \times 0.08074 \text{ lps/m}^2 = 150.338 \text{ lps.}$$

La ruta del drenaje señala que:

- El volumen de agua que perciba el registro  $A_1$  se va a dirigir al registro  $A_3$  a través de un ramal de 250 mm (10 pulg) de diámetro, con una pendiente de 10 mm/m.
- El volumen de agua que perciba el registro  $A_2$  se va a dirigir al registro  $A_4$  a través de un ramal de 250 mm (10 pulg) de diámetro, con una pendiente de 10 mm/m.
- El volumen de agua que perciba el registro  $A_4$  más el del registro  $A_2$  se va a dirigir al registro  $A_3$  a través de un ramal de 600 mm (24 pulg) de diámetro, con una pendiente de 7 mm/m.
- El volumen de agua que perciba el registro  $A_3$  más el de los otros tres registros (volumen total) se va a descargar a través de un troncal de 600 mm (24 pulg) de diámetro, con una pendiente de 7.5 mm/m.

Para saber si los diámetros de las tuberías son las apropiadas, nos apoyaremos en la Gráfica de Flujo de Manning (Fig. N° 3-6 Pag.126 ).

- Para el ramal de  $A_1$  a  $A_3$  con un gasto de 187.052 lps y una pendiente de 10 mm/m, el diámetro correcto es de 350 mm (14 pulg).
- Para el ramal de  $A_2$  a  $A_4$  con un gasto de 166.163 lps y una pendiente de 10 mm/m, el diámetro correcto es de 350 mm (14 pulg).
- Para el ramal de  $A_4$  a  $A_3$  con un gasto de 316.501 lps y una pendiente de 07 mm/m, el diámetro correcto es de 500 mm (20 pulg).
- Para el troncal de  $A_3$  hacia el colector con un gasto de 672.734 lps y una pendiente de 7.5 mm/m, el diámetro correcto es de 600 mm (24 pulg).

En conclusión, las fallas son las siguientes:

- En los extremos iniciales los ramales no están conectados entre sí, - pudiendo ocurrir una inundación cuando se llegare a tapar uno de estos ramales.

- El diámetro de los ramales es menor al que se necesita para que el agua que entre a cada registro pueda ser desalojado en forma rápida y segura.

- El área debe estar dividida, por lo menos, en 26 parte-aguas. Al tener dividida el área en solamente 4 parte-aguas el problema que se puede presentar, en que si se tapa un ramal, en menos de 15 minutos se inundaría una cuarta parte del área, lo que originaría entorpecer las maniobras del personal de contraincendio y en caso de que hubiere aceites, grasas o cualquier otra sustancia inflamable mezclada con el agua estancada, el peligro de que se prenda es grande.

Las modificaciones al sistema de drenaje sería solamente al drenaje pluvial del área de los tanques esféricos TE-125-130. Buscando que el nuevo diseño cumpla con poder desalojar en forma rápida, eficiente y segura el volumen de agua necesario para cubrir el mayor riesgo de esa área.

### 3.9 SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA ENFRIAMIENTO

El sistema que existe para accionar en forma automática el sistema de enfriamiento, está diseñado para operar cuando la presión en la línea de succión/recibo, que normalmente es de  $50 \text{ kg/cm}^2$  ( $700 \text{ lb/pulg}^2$ ), descienda hasta  $35 \text{ kg/cm}^2$  ( $500 \text{ lb/pulg}^2$ ).

La caída de presión se puede originar por existir ya sea una fuga por las uniones de las tuberías o rupturas de éstas.

Este sistema no garantiza la protección segura del área. Pues si existiese una fuga y la presión en la línea se mantiene por arriba de  $35 \text{ kg/cm}^2$  ( $500 \text{ lb/pulg}^2$ ), el switch de presión nunca operará, manteniendo latente el peligro de que se forme una mezcla aire-gas explosiva.

Se deben de contemplar todas las situaciones de emergencia que pudieran suceder en toda el área de almacenamiento de GLP, como son: fugas de gas por prensas de válvulas, bridas, tapones, tuercas unión, instrumentos, niveles, sellos mecánicos de bombas, roturas en líneas y malas operaciones.

## MODIFICACIONES

Un cambio efectivo para minimizar la posibilidad de una explosión en el área de almacenamiento de GLP debido a una fuga de gas, es instalar un Sistema Automático de Detección de Gas Combustible.

Este sistema consta de sensores fijos colocados en lugares estratégicos, en donde puede ser posible una fuga de GLP, e incluso se puede monitorear localizaciones remotas, ya que ellos pueden ser eslabonados electrónicamente a una estación de monitoreo central.

Estos instrumentos están tomando muestra de la atmósfera continuamente, y la mayoría de estos instrumentos son calibrados para que las alarmas suenen a un punto preseleccionado abajo del Límite Explosivo Bajo (LEL). También se pueden ajustar para que activen un indicador de aviso al 20% del LEL y poner en movimiento en modo de alarma al 40% (generalmente considerado como un — margen suficiente de aviso). Cuando se sobrepase el 60% del LEL, en forma — automática o que el personal accione el sistema de rociado de agua para la dispersión del gas, el apagado de la energía eléctrica y otras fuentes de ignición dentro del área afectada. Teniendo en estado de aviso de emergencia a los operarios y al personal de contraincendio.

Para estar prevenidos en contra del deterioro de los servicios de protección, deben calibrarse periódicamente el sistema de detectores de gas, incluyendo el exponer los sensores a un gas de calibración, con el objeto de asegurarse de la operación apropiada del sistema.

## CAPITULO IV

## "EVALUACION DE RIESGOS"

El desarrollo tecnológico en las diferentes ramas de la ingeniería, así como la optimización de los diseños de las plantas de procesamiento industrial han llevado a la concepción de plantas con equipos y sistemas de control cada vez más sofisticados, lo cual trae como consecuencia el tener — que analizar los procesos en su etapa de diseño en forma sistematizada y con una metodología que esté acorde con la complejidad de los mismos, de tal manera que asegure reducir al mínimo posible los riesgos que se tienen en el arranque como en la operación diaria de la planta.

Actualmente el estudio de los riesgos detectados, se basa en las experiencias del personal que analiza los diagramas de flujo de proceso y los diagramas de tubería e instrumentos en el diseño; pero se considera que no es suficiente simplemente con hacer uso de la experiencia que se tiene al respecto o que se cree tener y en muchas ocasiones se dan cuenta que las evaluaciones hechas no son las más eficientes, sino que se requiere la implementación de un método de estudio de los riesgos, ya que de no ser así, se puede llegar a sobreproteger la unidad encareciendo el diseño innecesariamente o bien dejarla deficiente en algunos aspectos.

## ANALISIS DE RIESGOS

Un Riesgo es toda posibilidad de daño o pérdida de los recursos de una planta. Bajo este concepto, es lógico que los riesgos siempre implican una pérdida de la productividad y por lo tanto, deben ser eliminados.

Se entiende por análisis de riesgos: a la estimación de la posibilidad de que un riesgo ocurra, analizando las consecuencias del riesgo y comparar los resultados anteriores, para decidir si se debe de tomar en cuenta una acción o que se reduzca la posibilidad de ocurrencia o se minimicen las consecuencias al dejar correr el riesgo.

El análisis de riesgos es una actividad preventiva e importante en el control de accidentes; es también una herramienta que ayuda al supervisor a desarrollar la habilidad para detectar riesgos, le proporciona guías para eliminar condiciones y actos inseguros. Es aplicable a todas las unidades desde que son proyectos y aún cuando se encuentran en operación. Es por lo tanto la base del adiestramiento del trabajo, pero siempre se han encontrado algunos problemas para la evaluación correcta de los riesgos.

Sin embargo, hablar de análisis de riesgo es hablar de una actividad básica en los programas de seguridad y generalmente se determinan las operaciones que se creen más peligrosas; pero cuantas veces a sucedido que las recomendaciones que se dan para la corrección de algunos riesgos no son aprobadas por la inversión que requieren y cuantas otras, se dan cuenta que la inversión que se hizo para controlar otros riesgos fue inútil o exagerada.

#### ANÁLISIS ECONOMICO DE LOS RIESGOS

Es imposible eliminar todos los riesgos en una planta, pero por seguridad de la misma todos los riesgos potenciales deben eliminarse. Entonces se deben establecer los más importantes así como conocer cuales atacar primero.

Después que se han identificado los riesgos, se tiene que decidir que tan lejos se va a ir en cuanto a su eliminación o protección del personal y de las instalaciones.

Algunas veces, hay un método barato y obvio para eliminar los riesgos; algunas otras veces la experiencia o un manual nos dice como hacerlo. Otras veces es menos fácil decidir. Entonces se puede trabajar sobre la posibilidad de un accidente y la extensión de sus consecuencias y compararlo con un objetivo o criterio.

A pesar de todos los esfuerzos, se fallará en preveer todos los riesgos y algunos causarán accidentes. Se puede aprender de los accidentes, no sólo de aquellos que causen daño, sino también de aquellos que no, por ejemplo la fuga de fluidos inflamables que no se prendieron. Es esencial que estas pequeñas cosas se investiguen y los resultados se hagan saber a las personas que les corresponde o la próxima vez resultará en daños y lesiones.

El riesgo casi nunca podrá ser eliminado completamente, como se señaló con anterioridad, pero puede ser reducido y lógicamente para reducir los riesgos debe ser planificado, es decir tratar los riesgos mayores.

Ningún prevenciónista puede pasar por alto la situación económica actual que tiene la industria donde labora y por ende los recursos limitados para invertir en la reducción de los riesgos; es por ello que cualquier gasto que se lleve a cabo debe ser valorado eficientemente con el objeto de dar prioridades y sobre todo justificar la inversión a los administradores y principalmente al que lo analiza.

Se debe decidir como, en lo posible, deben protegerse las plantas de proceso contra las pérdidas que puedan resultar y escoger una o más de las siguientes opciones: (1) eliminar el riesgo, (2) reducir a un mínimo o prevenir la pérdida, (3) transferir el riesgo a otro, y (4) planear y absorber las pérdidas dentro de sus propios recursos.

1. Evitar el Riesgo (Terminar). Evitar por completo un riesgo no es amenable una alternativa que se pueda utilizar. Por ejemplo, en una planta se pueden evitar todos los riesgos simplemente cerrando sus puertas para siempre.

Los resultados negativos de estas acciones probablemente pesarán más que sus ventajas. Sin embargo, hay ocasiones en que se puede evitar estos riesgos. Se puede discontinuar la producción de un artículo porque los riesgos pueden ser mayores que las futuras ganancias.

2. Prevención y Reducción de Pérdidas (Tratar). Si no es posible evitar cierto riesgo, se pueden prevenir ciertas pérdidas futuras o disminuir a un mínimo esas que no pueden ser prevenidas.

El sistema automático de aspersores es un buen ejemplo para la reducción de pérdidas. Ya que disminuye la posibilidad, al enfriar un tanque que esté expuesto al fuego o a la radiación de éste, de que explote y ocasione mayores desastres.

3. Transferir el Riesgo. Si un riesgo no se puede evitar, y es muy severo para mantenerlo o para asegurarlo por cuenta propia, este riesgo debe ser transferido. La forma más común de transferir un riesgo es por medio de Contratos de Seguridad y mantener acuerdos de indemnización.



Debe mencionarse que transferir usualmente es la forma más cara de administrar un riesgo. Esta forma se debe considerar como la última opción que el administrador de riesgos debe intentar, y debe ser usada solamente cuando no se pueda encontrar otra alternativa más satisfactoria.

4. Retención del Riesgo (Tolerar). Si todas las medidas prácticas ya se han tomado para prevenir o reducir la pérdida y todavía no es posible evitar el riesgo, el administrador debe considerar si es factible mantener el riesgo.

Estos riesgos pueden ser mantenidos porque la máxima cantidad de pérdida que puede resultar sería muy pequeña para causar problemas financieros.

Asumir un riesgo voluntariamente es una herramienta del administrador de riesgos, pero mantener un riesgo inadvertidamente o sin intención es un problema muy serio. Retener un riesgo inadvertidamente es el resultado de la falta de cuidado del administrador por no poder identificar los riesgos a que se encuentran expuestas las plantas de proceso.

Puesto que los riesgos solamente pueden ser: tratados, tolerados, transferidos o terminados, y con base en el sistema laboral de PEMEX, sólo pueden ser tratados o tolerados. Y dado que el tratarlos resulta en disminución de la productividad, por tanto lo que queda es tratarlos.

Los profesores Mehr y Hedges mencionan tres reglas que se deben seguir en la selección de los métodos para tratar los riesgos. Las reglas son:

- 1ª. No arriesgue más de lo que puede aceptar perder. No se debe decidir que se pueden asumir pérdidas fuera del alcance económico. También nos recuerda que cualquier riesgo que asumimos debe ser cuidadosamente evaluado, y debe ser reevaluado frecuentemente para descubrir y corregir modificaciones a causa de cambios de circunstancias.
- 2ª. No arriesgue mucho por poco. No se debe asumir un riesgo si el costo de transmisión es menor en relación a la pérdida potencial.
- 3ª. Considere las probabilidades. No se debe pagar una gran cantidad de dinero para transferir un pequeño riesgo. Estos pueden ser cuando la pérdida potencial es pequeña o uno en que la posibilidad de pérdida es mínima.

## CONSIDERACIONES

En los últimos 30 años, la tercera parte de las pérdidas más devastadoras con daño a las Industrias de Hidrocarburos en todo el mundo, se debieron a la ignición retardada del escape de nubes de gas con sobrepresiones destructivas que resultaron de una deflagración o detonación rápida. La tendencia promedio en este grupo por pérdidas a causa del daño a la propiedad fué de 44 millones de dolares.

El incidente en San Juan Ixhuatepec se calcula que tuvo una pérdida de 50 millones de dolares.

Con frecuencia las ondas de choque a causa de las explosiones de los escapes de las nubes de gas han interrumpido las instalaciones eléctricas y de vapor en las plantas procesadoras de hidrocarburo. Ocasionando que las bombas de contraincendio que dependían del vapor o de la electricidad quedaran inoperantes como resultado de las explosiones. Este ejemplo lleva a la conclusión de que el diseño de los sistemas de protección contraincendio debe contar con bombas de contraincendio impulsadas por motores de combustión interna y que éstas se coloquen con bastante separación de las áreas de proceso en las cuales puedan ocurrir grandes fugas de gas.

En varias de las explosiones de nubes de gas, los edificios de control sin ventanas de una construcción resistente al choque, contrarrestaron las sobrepresiones con daños menores; mientras que los edificios cercanos de bloques de concreto huecos o de construcción ligera incombustible quedaron demolidos. La frecuencia de las explosiones de nubes de gas infiere que el uso más extendido de los sistemas de detección de gas combustible fijo en todas las áreas de proceso y en las áreas de tanques de almacenamiento principalmente, puede proporcionar una alarma oportuna de fugas de gas y derramamientos de hidrocarburos.

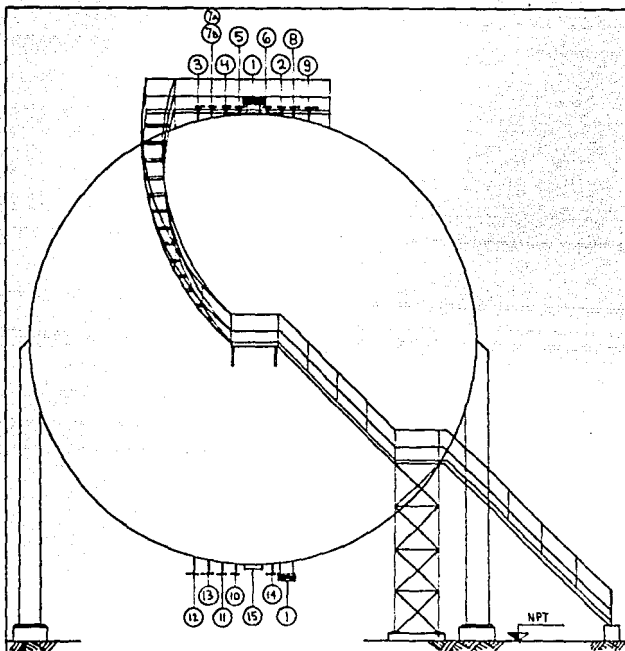
De acuerdo a las experiencias que se tienen con los siniestros que han ocurrido a causa del mal manejo del GLP; a las explosiones por expansión del vapor debido a la ebullición del líquido (BLEVE) por un mal enfriamiento; a la ineficiencia del sistema de seguridad y de la protección contraincendio, aunado a las grandes pérdidas tanto económicas como de vidas humanas que es

tas han representado. Las modificaciones que en el Capítulo III se lo proponen hacer al sistema de seguridad y protección contra incendio en el área de almacenamiento de GLP, se deben de realizar no importando el costo que estas representen, pues además de ayudar a reducir al mínimo el gran riesgo que -- representan na fuga de gas, hace más segura y efectiva la seguridad y la protección contra incendio en esa área. Y aún más, el costo que puedan representar no se compara con los miles de millones de pesos que perdería PEMEX en -- caso de un siniestro en esa área y sobretodo el valor de las vidas humanas -- se ahí se pierdan.

## A P E N D I C E A

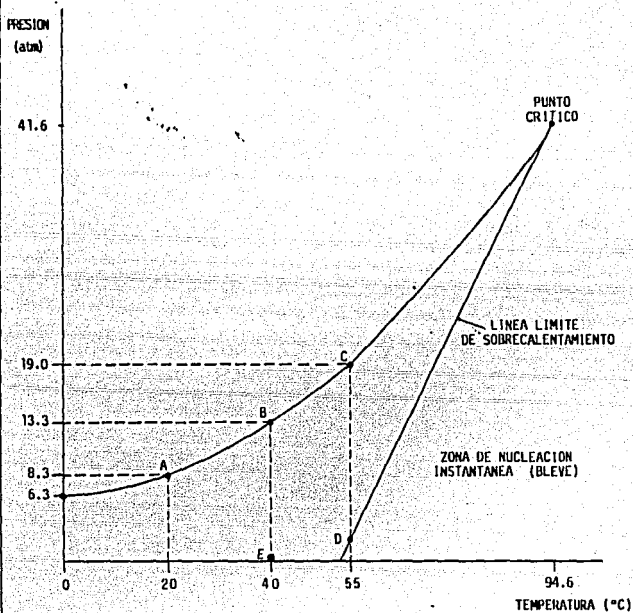
## PROPIEDADES APROXIMADAS DE LOS GASES LICUADOS DE PETROLEO

PRESION DE VAPOR EN KPa MAN. A:	PROPANO	BUTANO
20°C	930	103
40°C	1550	285
45°C	1720	345
55°C	2070	462
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.508	0.584
PUNTO INICIAL DE EBULLICION A PRESION ATMOSFERICA	-42°C	0.5°C
PESO POR METRO CUBICO DE LIQUIDO A 15.56°C	509 Kg	582 Kg
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO EN KILOJULES POR KILOGRAMO A 15.56°C	1.366	1.276
METROS CUBICOS DE VAPOR POR LITRO DE LIQUIDO A 15.56°C	0.271	0.235
METROS CUBICOS DE VAPOR POR KILOGRAMO EN LIQUIDO A 15.56°C	0.534	0.410
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL VAPOR A 15.56°C	1.52	2.01
TEMPERATURA DE IGNICION EN AIRE, EN °C	493-549	482-538
TEMPERATURA MAXIMA DE FLAMA EN AIRE, EN °C	1980	2008
LIMITES DE EXPLOSIVIDAD EN AIRE, % DE VAPOR EN MEZCLAS GAS-AIRE:		
a) MINIMO	2.20	1.90
b) MAXIMO	9.50	8.50
CALOR LATENTE DE VAPORIZACION EN EL PUNTO DE EBULLICION:		
a) KILOJULES POR KILOGRAMO	430	388
b) KILOJULES POR LITRO	219	226




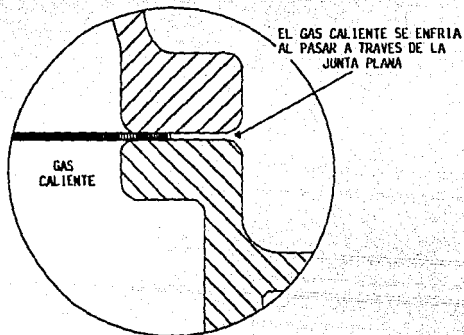
- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 ENTRADA HOMBRE            | 9 INSTRUMENTOS FUTUROS      |
| 2 IGUALADORA DE PRESION     | 10 INDICADOR DE PRESION     |
| 3 RELIEVO                   | 11 INDICADOR DE TEMPERATURA |
| 4 TRANSMISOR DE NIVEL       | 12 MUESTREO                 |
| 5 TRANSMISOR DE PRESION     | 13 INDICADOR DE NIVEL       |
| 6 TRANSMISOR DE TEMPERATURA | 14 DRENAJE                  |
| 7A INDICADOR DE NIVEL       | 15 ENTRADA DE PRODUCTO      |
| 7B INDICADOR DE NIVEL       |                             |
| 8 VENTEO MANUAL             |                             |

Escala: _____	TANQUE ESFERICO	FIG. 1-1	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acot. _____
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES		Pag. 88
	PLANTEL "ARAGON"		

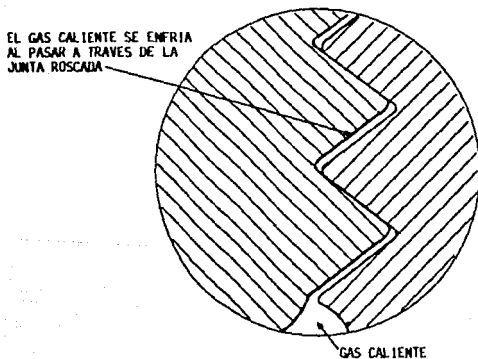


CURVA PRESION-VAPOUR Y LINEA LIMITE  
DE SOBRECALENTAMIENTO PARA EL PROPANO


Escala: _____ 	<b>"BLEVE" DEL PROPANO</b>	GRAFICA 1-1	D.M.G.
"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO" ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Acol. _____ Pág. 89

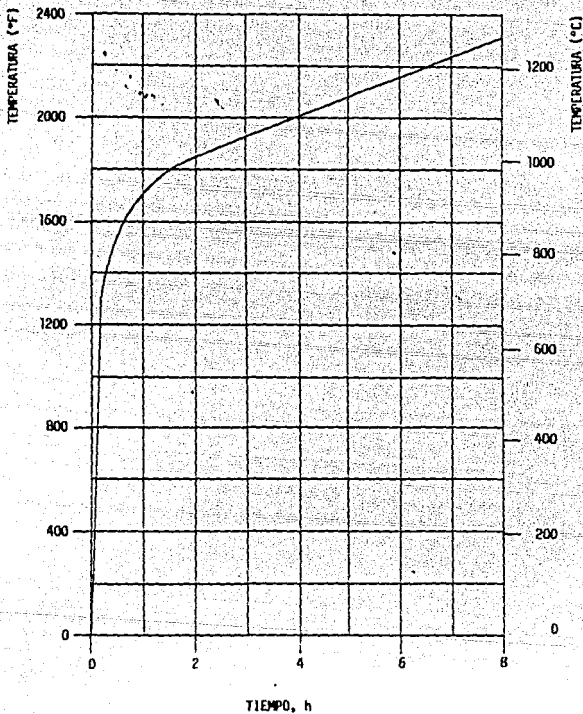



JUNTA PLANA



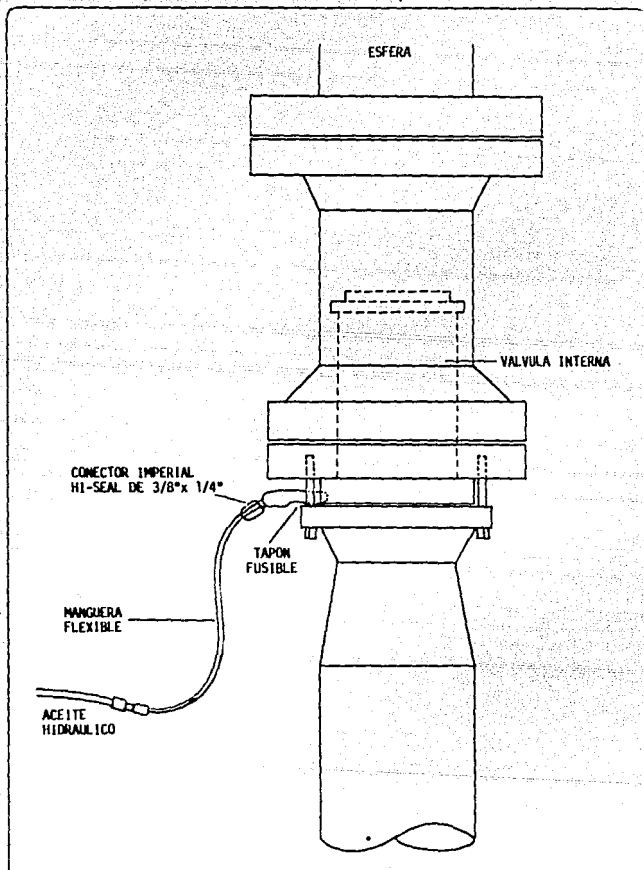
JUNTA ROSCADA


Escala: _____	TIPOS DE JUNTAS	FIG. 1-2	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 90

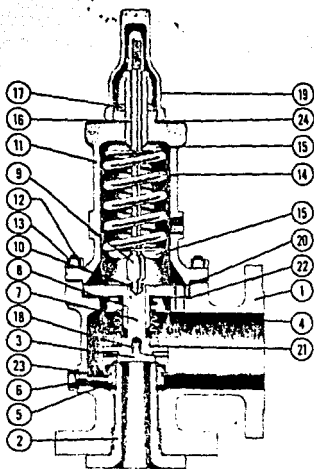


Escala: _____ 	CURVA ASTM E-119	FIG. 1-3	D.M.G.
"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO" ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Acol. _____ Pag. 91




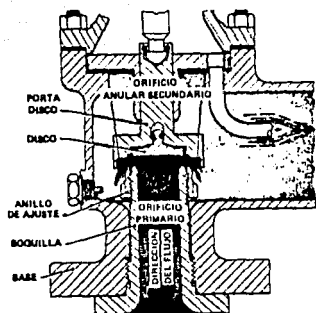



Escala: _____	SISTEMA DE BLOQUEO HIDRAULICO	FIG. 1-4	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 92

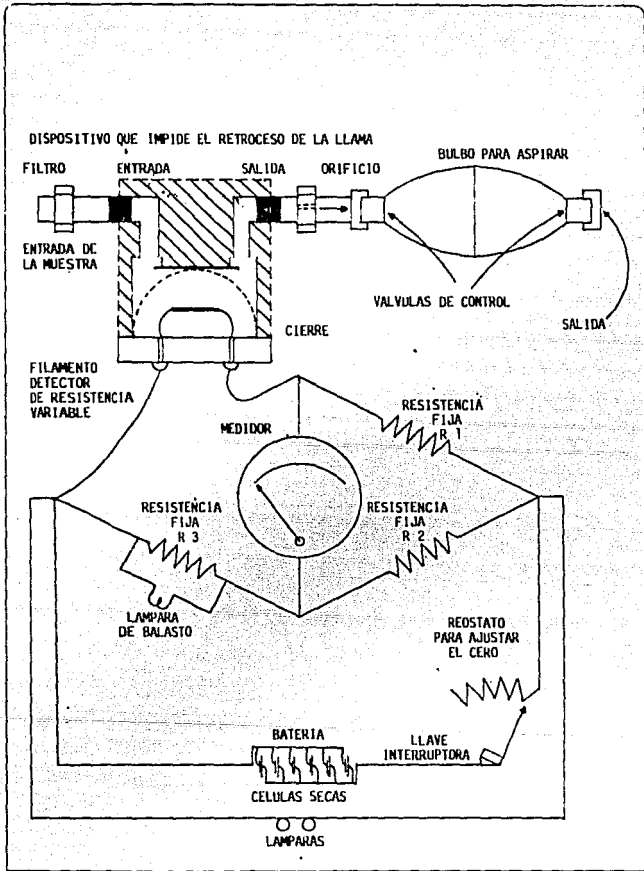



1	BASE
2	Boquilla
3	Disco
4	Fuelles
5	Anillo de ajuste
6	Perno
7	Porta disco
8	Guía
9	Vástago
10	Retán
11	Boneta
12	Birio
13	Tuerca
14	Resorte
15	Rondana
16	Tornillo de ajuste
17	Tuerca
18	Reten del disco
19	Casquillo
20	Junta del boneta
21	Junta del fuelle
22	Junta de la guía
23	Junta del perno
24	Junta del casquillo

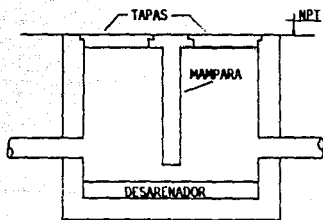
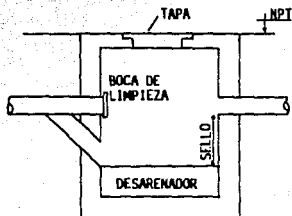
Escala: _____	VALVULA DE SEGURIDAD Y ALIVIO	FIG. 1-5	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 93





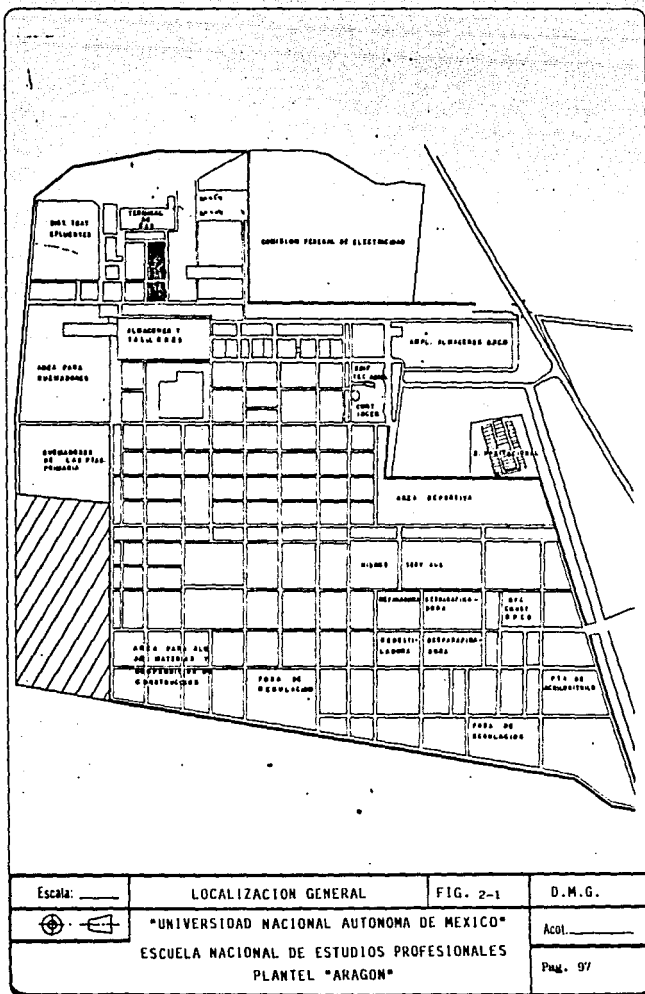
Escala: _____	PRINCIPIO DE OPERACION DE LAS VALVULAS DE SEGURIDAD Y ALIVIO.	FIG. 1-6	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 94




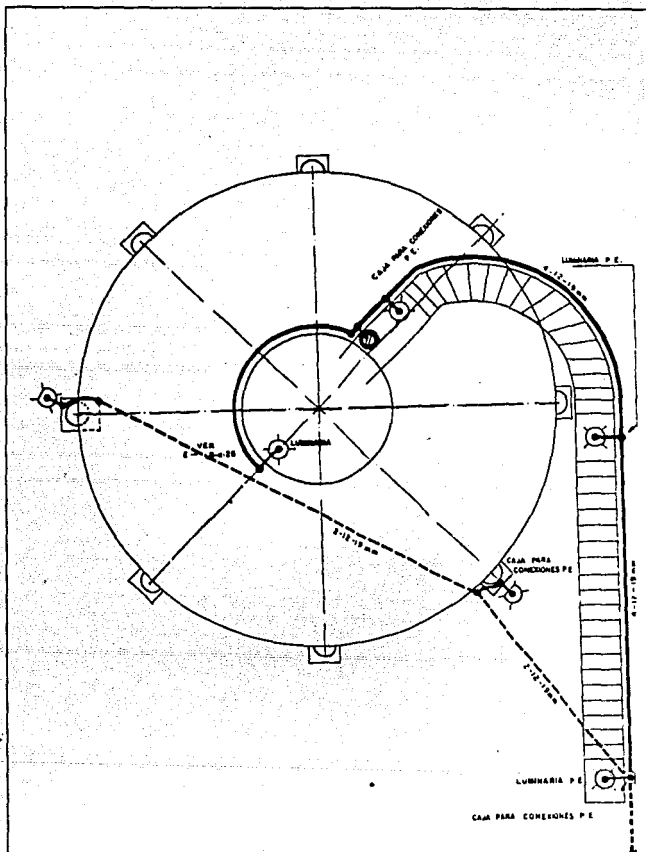
Escala: _____	DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN DISPOSITIVO TÍPICO DE FILAMENTO CALIENTE	FIG. 1-7	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pág. 95



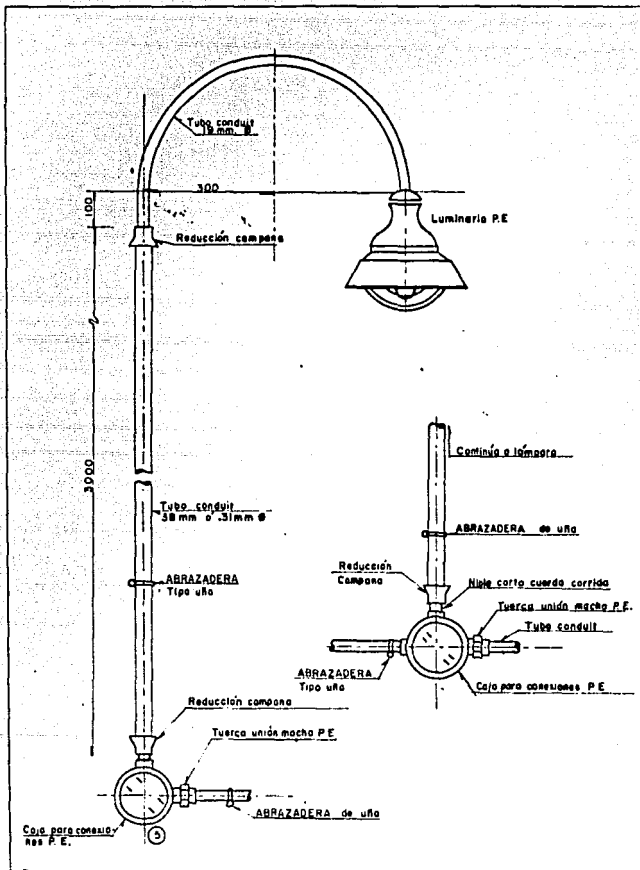
Escala: _____	REGISTRO CON SELLO HIDRAULICO	FIG. 1-8	D.M.G.
 	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acot. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 96



Escala: _____	LOCALIZACION GENERAL	FIG. 2-1	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acot. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 97

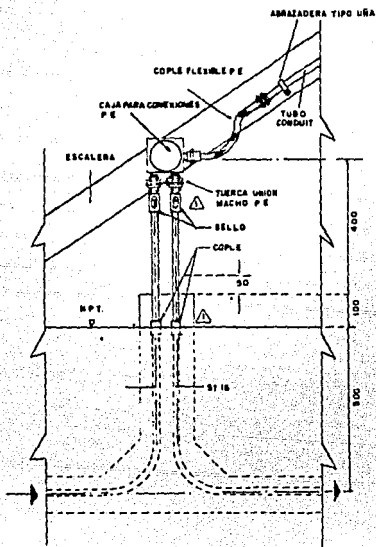


Escala: _____	CONEXIONES ELECTRICAS	FIG. 2-2	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acat. _____
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"		Pag. 98

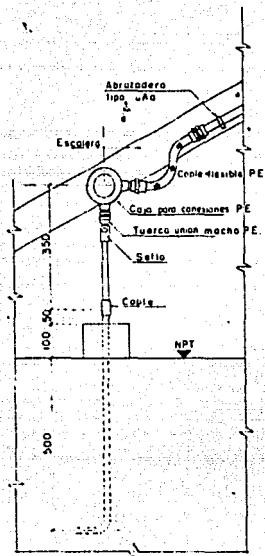


Esca la: _____	CONEXIONES ELECTRICAS	FIG. 2-2a	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES		Pág. 99
	PLANTEL "ARAGON"		



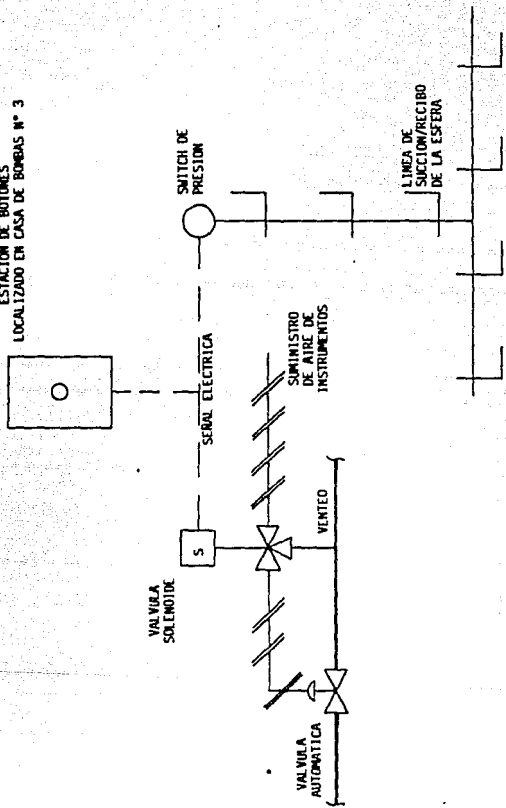



Escala : _____	CONEXIONES ELECTRICAS	FIG. 2-2b	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO" ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"		Acot. _____
			Pag. 100

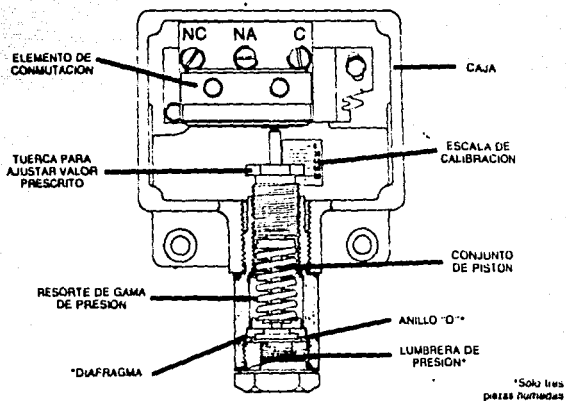



Esca la : _____	CONEXIONES ELECTRICAS	FIG. 2-2c	D.M.G
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acat. _____
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"		Pag. 101

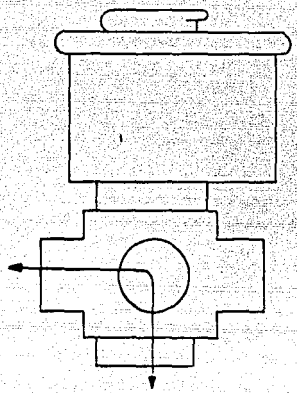
ESTACION DE ROTOMES  
LOCALIZADO EN CASA DE BOMBAS N° 3



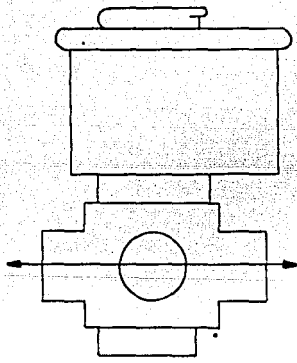
Escala: _____	SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA ENFRIAMIENTO	FIG. 2-3	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 102




Escala: _____	SWITCH DE PRESION	FIG. 2-4	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 103

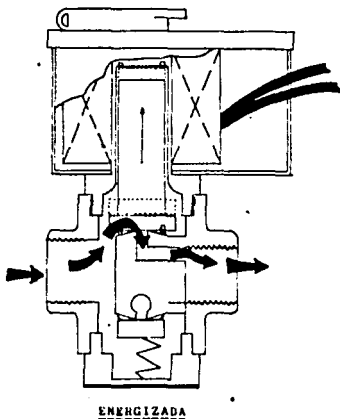
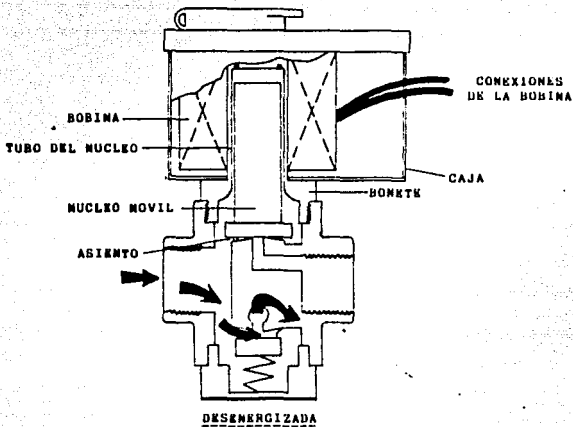


DEENERGIZADA



ENERGIZADA

Escala: _____	VALVULA SOLENOIDE DE 3 VIAS	FIG. 2-5	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 104



Escala: \_\_\_\_\_

OPERACION DE LAS VALVULAS  
SOLENOIDES DE TRES VIAS

FIG. 2-6

D.M.G.

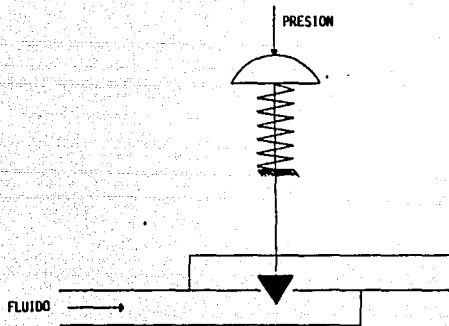



"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"

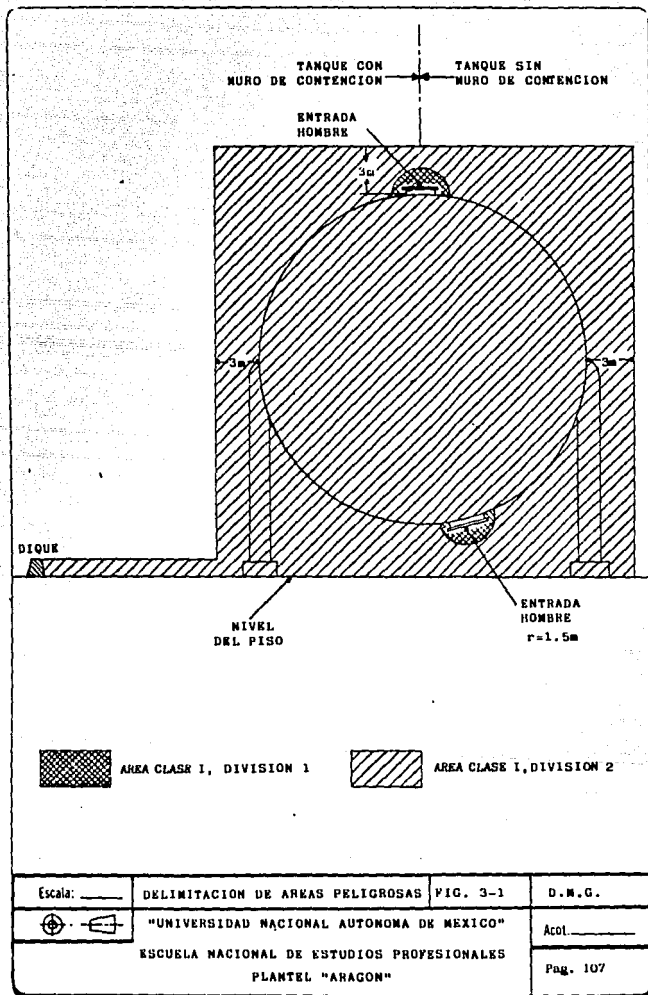
Acot. \_\_\_\_\_

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
PLANTEL "ARAGON"

Pag. 105



Escala: 1 : 1	"ESQUEMA DE UNA VALVULA AUTOMATICA"	FIG. 2-7	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 106







ESQM

CALCULO DE LA CANTIDAD DE EXTINGUIDORES TABLA 3-3

"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

PLANTEL "ARAGON"

D.M.O.

Acil. \_\_\_\_\_

Pag. 108

GRUPO DE TANQUES	AREA A PROTEGER (m <sup>2</sup> )	U.R.	EXTINGUIDORES							
			PORTATILES*			U.R.R.	SOBRE RUEDAS**		U.R.R.	PORTATILES*
			FOR EFEM	PARA EL MULTIPLE	U.R. CUBIENDOS		PARA CUBRIR U.R.R.	U.R.R. CUBIENDOS		PARA CUBRIR U.R.R.
TE 201/204	5880	588	4	2	240	348	2	320	28	1
TE 101/104	5880	588	4	2	240	348	2	320	28	1
TE 105/106	3024	302.4	2	2	160	142	1	160	—	—
TE 119/124	11856	1185.6	6	4	400	785.6	5	800	—	—
TE 125/130	8772.8	877.28	6	3	360	517	4	640	—	—

\* EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO SECO BASE BICARBONATO DE POTASIO DE 9.08 Kg. DE CAPACIDAD.

\*\* EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO SECO BASE BICARBONATO DE POTASIO DE 50, 68 ó 159 Kg. DE CAPACIDAD.



Escala: \_\_\_\_\_

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE EXTINGUIDORES TABLA 3-3

"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

PLANTEL "ARACÓN"

D.M.C.

Acol \_\_\_\_\_

Pag. 108

GRUPO DE TANQUES	AREA A PROTEGER (m <sup>2</sup> )	U.R.	EXTINGUIDORES							
			PORTATILES*			U.R.R.	SOBRE RUEDAS**		U.R.R.	PORTATILES*
			POR EFECTO	PARA EL MULTIPLE	U.R. CUBIERTOS		PARA CUBRIR U. R. R.	U. R. R. CUBIERTOS		PARA CUBRIR U. R. R.
TE 201/204	5880	588	4	2	240	348	2	320	28	1
TE 101/104	5880	588	4	2	240	348	2	320	28	1
TE 105/106	3024	302.4	2	2	160	142	1	160	—	—
TE 119/124	11856	1185.6	6	4	400	785.6	5	800	—	—
TE 125/130	8772.8	877.28	6	3	360	517	4	640	—	—

\* EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO SECO BASE BICARBONATO DE POTASIO DE 9.08 Kg. DE CAPACIDAD.

\*\* EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO SECO BASE BICARBONATO DE POTASIO DE 50, 68 & 159 Kg. DE CAPACIDAD.

MATERIALES PARA REDES DE AGUA DE CONTRAINCENDIO

DESCRIPCION		DIAMETRO	ESPECIFICACION	
TUBO	Extremos roscados	1½" y menores	Sin costura Oed. 40	ASTM-A53 Gr. B
	Extremos biselados	2" a 6"	Sin costura Oed. 40	ASTM-A53 Gr. B
	Extremos biselados	8" a 10"	Sin costura Oed. 20	ASTM-A53 Gr. B
	Extremos biselados	12" y mayores	Sin costura Oed. 20	ASTM-A53 Gr. B
	Múñes	2½" (Nota 1)	Sin costura Oed. 40	ASTM-A53 Gr. B
VALVULAS ROSCADAS	Obertura (cuña sólida)	1½" y menores	150 # SMP, RSIS, UB	ASTM-B62
	Obertura (doble disco)	1½" y 2½" (Nota 1)	300 # RSIS, UB, Rosca hembra NPT y rosca macho NPT (con tapón cauchucha y cada na)	ASTM-B62
	Retención (tipo pistón)	1½" y 2½" (Nota 1)	300 # SMP, RSIS, UB	ASTM-B62, interiores de bronce con níquel
FLAN DE	Obertura (cuña sólida)	2" y mayores	150 # FF, OS & Y, EB	ASTM-A216 Gr. WCB
	Retención (colapso)	2" y mayores	150 # FF, BC	ASTM-A216 Gr. WCB
BRIDAS	Ovallo soldable	2" y mayores	15 # 18' (unión entre bridas)	
		2" y mayores	150 # FF (unión con válvula)	ASTM-A181 Gr. I
CONEXION	Roscadas	1½" y menores	2000 #, tuercas unión con asiento de acero contra bronce.	ASTM-A105 Gr. II
	Coples roscados	1½" y menores	2000 #, tuercas unión con asiento de acero contra bronce.	ASTM-A105 Gr. II
	Soldables a tope	2" y mayores	Ochula de acuerdo a la de la tubería.	ASTM-A234 Gr. WPB
	Tornillería	Todos	Tornillos máquina de cabeza cuadrada con tuercas hexagonales.	ASTM-A191 Gr. 211
	Juntas	Todos	Abrasto comercial de 1.5 mm (1/16") de espesor	ASTM-D1 170
UNIONES	Desmontables para mantenimiento	1½" y menores	Tuercas unión	
	Normal	1½" y menores	Brida	
		2" y mayores	Coples	
		2" y mayores	Soldables a tope	
<p>NOTAS:</p> <p>1) Para usarse exclusivamente en Hidrantes NSHT Rosca estándar para conexiones de mangueras</p> <p>2) Límites de operación: 20 Kg/cm<sup>2</sup> man. y 40°C. OS&amp;Y Yugo con rosca exterior</p> <p>3) Abreviaturas: UB Bonete atornillado</p> <p>SWP Presión de operación con vapor BG Tapa atornillada</p> <p>RSIS Vástago ascendente con rosca interior FF Cara plana</p> <p>UB Bonete de unión roscada RF Cara realzada</p> <p>NPT Rosca estándar para tubería</p>				
Escala: _____	ESPECIFICACIONES PARA TUBERIA	TABLA 3-4	D.M.G	
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"			Acot. _____
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 109

## PIPE DATA Carbon and Alloy Steel — Stainless Steel

(see also next three pages)

Nominal Pipe Size Inches	Outside Diam. Inches	Identification				Wall Thickness Inches	Inside Diam. Inches	Area of Metal Square Inches	Transverse Internal Area			Moment of Inertia (I) Inches <sup>4</sup>	Weight of Pipe Pounds per Foot of Pipe	Weight of Water Pounds per Foot of Pipe	External Surface Sq. Ft. per Ft. of Pipe	System Modulus ( $\frac{E}{10^6}$ )
		Iron Pipe Size	Sched. No.	Stainless Steel Sched. No.	Stainless Steel Sched. No.				(in <sup>2</sup> )	(in <sup>2</sup> )	(in <sup>2</sup> )					
1.8	0.425	STD	80	105	049	367	6548	0730	0461	04898	04122	319	632	106	04437	
		XS	80	105	043	213	4925	0564	04225	04122	31	616	106	04262		
		XXS	80	105	045	119	4970	1120	0494	04279	53	637	141	04102		
1.4	0.540	STD	80	105	080	364	1250	1091	04272	04351	62	645	141	04227		
		XS	80	105	119	302	1374	0716	04350	04377	54	641	141	04195		
		XXS	80	105	063	543	1246	2333	10162	04286	32	101	178	04180		
3.0	0.675	STD	80	105	091	493	1670	1910	04133	04729	37	103	178	04210		
		XS	80	105	126	423	2173	1405	04898	04862	74	101	178	04254		
		XXS	80	105	063	710	1881	3959	04275	04197	34	172	220	04209		
1.2	0.840	STD	80	105	074	474	1568	14248	04141	67	155	220	04167			
		XS	80	105	109	622	2443	3040	04211	04759	85	132	220	04099		
		XXS	80	105	142	546	3204	2310	04163	04248	109	102	220	04170		
3.6	1.050	STD	80	105	110	622	2443	3040	04211	04759	85	132	220	04099		
		XS	80	105	142	546	3204	2310	04163	04248	109	102	220	04170		
		XXS	80	105	187	466	3836	1508	04118	04212	131	074	220	04267		
1	1.315	STD	80	105	109	622	2443	3040	04211	04759	85	132	220	04099		
		XS	80	105	142	546	3204	2310	04163	04248	109	102	220	04170		
		XXS	80	105	187	466	3836	1508	04118	04212	131	074	220	04267		
1.6	1.660	STD	80	105	109	622	2443	3040	04211	04759	85	132	220	04099		
		XS	80	105	142	546	3204	2310	04163	04248	109	102	220	04170		
		XXS	80	105	187	466	3836	1508	04118	04212	131	074	220	04267		
1.8	1.940	STD	80	105	109	622	2443	3040	04211	04759	85	132	220	04099		
		XS	80	105	142	546	3204	2310	04163	04248	109	102	220	04170		
		XXS	80	105	187	466	3836	1508	04118	04212	131	074	220	04267		
2	2.375	STD	80	105	109	622	2443	3040	04211	04759	85	132	220	04099		
		XS	80	105	142	546	3204	2310	04163	04248	109	102	220	04170		
		XXS	80	105	187	466	3836	1508	04118	04212	131	074	220	04267		
2.4	2.875	STD	80	105	109	622	2443	3040	04211	04759	85	132	220	04099		
		XS	80	105	142	546	3204	2310	04163	04248	109	102	220	04170		
		XXS	80	105	187	466	3836	1508	04118	04212	131	074	220	04267		
3	3.540	STD	80	105	109	622	2443	3040	04211	04759	85	132	220	04099		
		XS	80	105	142	546	3204	2310	04163	04248	109	102	220	04170		
		XXS	80	105	187	466	3836	1508	04118	04212	131	074	220	04267		

Minimum wall thickness and weight are indicated per ASME B31.1 and B31.3. The maximum weight and wall thickness are indicated per ASME B31.1 and B31.3. The minimum weight and wall thickness are indicated per ASME B31.1 and B31.3. The maximum weight and wall thickness are indicated per ASME B31.1 and B31.3.

Transverse moment and stress based on 1000 lbs. stress and moment values at each end of each foot of pipe length.

Escala: _____	<b>DIMENSIONES DE TUBERIA</b>	<b>TABLA 3-5</b>	<b>D.M.G.</b>
<b>"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"</b>			Acol. _____
<b>ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES</b>			
<b>PLANTEL "ARAGON"</b>			Pag. 110

PIPE DATA — cont.

Name of Pipe Size	Outside Diam. Inches	Identification		Wall Thickness 10 Inches	Inside Diameter 10 Inches	Area of Metal Square Inches	Transverse Internal Area		Moment of Inertia I <sub>x</sub> Inch <sup>4</sup>	Weight per foot Pounds	Weight per foot of pipe Pounds	External Surface per sq. ft. of pipe	Section Modulus (I/c)			
		Iron Pipe Size	Steel No.				Standard Steel No.	Inches						Square Inches	Square Feet	
															10	11
1	1.660	STD	38	1015	1.811	1.021	11.515	0.8017	1.960	1.46	3.00	1.047	9.509			
		NS	105	1018	1.811	1.014	1.014	0.7711	2.215	1.81	3.01	1.047	1.047			
		STD	40	1015	2.26	1.548	2.260	1.900	0.6470	1.748	9.11	1.29	1.047	2.140		
		NS	80	1018	2.26	1.564	3.078	1.808	0.6170	6.280	12.50	1.81	1.047	3.140		
		STD	40	1015	1.81	1.111	1.122	11.75	1.0215	2.010	1.82	6.19	1.126	1.126		
		NS	105	1018	1.81	1.269	1.671	11.25	0.9090	1.963	5.01	6.18	1.126	1.761		
	1	1.500	STD	30	1015	2.17	1.026	1.174	12.73	1.0940	7.211	10.79	7.50	1.126	3.214	
			NS	105	1018	2.17	1.026	1.167	11.26	0.7986	9.610	14.98	1.98	1.126	3.214	
			STD	40	1015	1.81	1.026	1.167	11.26	0.7986	9.610	14.98	1.98	1.126	3.214	
			NS	105	1018	1.81	1.026	1.167	11.26	0.7986	9.610	14.98	1.98	1.126	3.214	
			STD	40	1015	1.81	1.026	1.167	11.26	0.7986	9.610	14.98	1.98	1.126	3.214	
			NS	105	1018	1.81	1.026	1.167	11.26	0.7986	9.610	14.98	1.98	1.126	3.214	
3	2.501	STD	38	1015	3.12	1.868	22.84	17.58	0.947	6.46	9.72	1.126	2.908			
		NS	105	1018	3.12	1.295	22.02	15.29	4.423	7.77	9.14	1.126	3.029			
		STD	40	1015	2.98	2.047	4.309	20.91	1.991	15.16	11.62	8.67	1.126	3.511		
		NS	80	1018	2.98	2.047	4.309	20.91	1.991	15.16	11.62	8.67	1.126	3.511		
		STD	40	1015	2.98	2.047	4.309	20.91	1.991	15.16	11.62	8.67	1.126	3.511		
		NS	80	1018	2.98	2.047	4.309	20.91	1.991	15.16	11.62	8.67	1.126	3.511		
	3	0.625	STD	30	1015	2.40	1.111	9.096	13.81	10.15	30.13	42.96	6.11	10.56		
			NS	105	1018	2.40	1.103	11.10	12.97	10.81	43.63	38.75	6.11	12.000		
			STD	30	1015	1.89	0.807	2.211	12.24	22.89	11.65	7.60	14.97	1.126	1.576	
			NS	105	1018	1.89	0.857	2.711	11.74	22.01	13.30	9.29	15.75	1.126	1.346	
			STD	30	1015	2.00	0.862	5.501	20.89	20.80	28.14	18.97	12.11	1.714	6.106	
			NS	80	1018	2.00	0.862	5.501	20.89	20.80	28.14	18.97	12.11	1.714	6.106	
6	0.625	STD	30	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
	6	0.625	STD	30	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
10	10.750	STD	30	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
	10	10.750	STD	30	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
12	12.75	STD	30	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
		NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222		
	12	12.75	STD	30	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			STD	40	1015	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	
			NS	105	1018	1.12	2.548	8.402	26.67	18.11	30.49	28.37	16.19	1.714	4.222	

Weights shown are based on standard weights as prescribed in A.S.T.M. B 36 and B 36.1 for the heavier STD 40 and 45 and light standard extra strong and Double Extra strong pipe sections.

Transverse internal area shown in square feet and weight per foot of pipe shown in pounds per foot.

Escala: _____	DIMENSIONES DE TUBERIA	TABLA 3-5	D.M.G.
"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acad. _____	
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES		Pag. 144)	
PLANTEL "ARAGON"			

PIPE DATA—cont.

Nominal Pipe Size	Outside Diam. Inches	Identification			Wall Thickness in Inches	Inside Diameter in Inches	Area of Metal Square Inches	Transverse Internal Area		Moment of Inertia (I) in <sup>4</sup>	Weight Pipe Pounds per foot	Weight Water Pounds per foot of pipe	External Surface Sq. Ft. per foot of pipe	Section Modulus (S) in <sup>3</sup>		
		Steel	Stainless Steel	Iron Pipe Size				Schd. No.	Schd. No.						Internal Area	
															(a) Square Inches	(b) Square Feet
24	24.00	...	5S	...	218	23.561	16.29	436.10	3.0285	1151.6	55.47	186.98	6.283	96.0		
		...	10S	...	250	23.500	16.65	414.74	3.0121	1315.4	61.41	187.95	6.283	109.6		
		STD	20	...	375	23.250	27.83	421.36	2.9484	1942.0	89.62	181.95	6.283	161.9		
		XS	...	500	23.000	36.91	415.38	2.8653	2549.5	125.39	179.87	6.283	212.5			
		...	30	...	562	22.876	41.39	411.00	2.8542	2844.0	140.68	178.09	6.283	237.0		
		...	40	...	688	22.624	50.41	402.07	2.7921	3421.3	171.29	171.23	6.283	285.1		
		...	60	...	969	22.062	70.04	382.45	2.6552	5652.8	248.35	165.52	6.283	387.7		
		...	80	...	1219	21.562	87.17	365.22	2.5302	5672.0	296.58	158.26	6.283	472.8		
		...	100	...	1531	20.918	108.07	344.32	2.3911	6849.9	367.39	149.06	6.283	570.8		
		...	120	...	1812	20.376	126.31	326.08	2.2645	7825.0	329.39	141.17	6.283	632.1		
26	26.00	...	5S	...	218	23.561	16.29	436.10	3.0285	1151.6	55.47	186.98	6.806	159.6		
		...	10S	...	250	23.500	16.65	414.74	3.0121	1315.4	61.41	187.95	6.806	190.6		
		STD	20	...	375	23.250	27.83	421.36	2.9484	1942.0	89.62	181.95	6.806	250.5		
		XS	...	500	23.000	36.91	415.38	2.8653	2549.5	125.39	179.87	6.806	319.6			
		...	30	...	562	22.876	41.39	411.00	2.8542	2844.0	140.68	178.09	6.806	359.8		
		...	40	...	688	22.624	50.41	402.07	2.7921	3421.3	171.29	171.23	6.806	419.9		
		...	60	...	969	22.062	70.04	382.45	2.6552	5652.8	248.35	165.52	6.806	499.9		
		...	80	...	1219	21.562	87.17	365.22	2.5302	5672.0	296.58	158.26	6.806	579.9		
		...	100	...	1531	20.918	108.07	344.32	2.3911	6849.9	367.39	149.06	6.806	659.9		
		...	120	...	1812	20.376	126.31	326.08	2.2645	7825.0	329.39	141.17	6.806	739.9		
28	28.00	...	5S	...	218	23.561	16.29	436.10	3.0285	1151.6	55.47	186.98	7.330	185.8		
		...	10S	...	250	23.500	16.65	414.74	3.0121	1315.4	61.41	187.95	7.330	221.8		
		STD	20	...	375	23.250	27.83	421.36	2.9484	1942.0	89.62	181.95	7.330	291.8		
		XS	...	500	23.000	36.91	415.38	2.8653	2549.5	125.39	179.87	7.330	359.8			
		...	30	...	562	22.876	41.39	411.00	2.8542	2844.0	140.68	178.09	7.330	399.8		
		...	40	...	688	22.624	50.41	402.07	2.7921	3421.3	171.29	171.23	7.330	459.8		
		...	60	...	969	22.062	70.04	382.45	2.6552	5652.8	248.35	165.52	7.330	519.8		
		...	80	...	1219	21.562	87.17	365.22	2.5302	5672.0	296.58	158.26	7.330	579.8		
		...	100	...	1531	20.918	108.07	344.32	2.3911	6849.9	367.39	149.06	7.330	639.8		
		...	120	...	1812	20.376	126.31	326.08	2.2645	7825.0	329.39	141.17	7.330	719.8		
30	30.00	...	5S	...	218	23.561	16.29	436.10	3.0285	1151.6	55.47	186.98	7.854	172.3		
		...	10S	...	250	23.500	16.65	414.74	3.0121	1315.4	61.41	187.95	7.854	213.8		
		STD	20	...	375	23.250	27.83	421.36	2.9484	1942.0	89.62	181.95	7.854	255.3		
		XS	...	500	23.000	36.91	415.38	2.8653	2549.5	125.39	179.87	7.854	336.1			
		...	30	...	562	22.876	41.39	411.00	2.8542	2844.0	140.68	178.09	7.854	376.1		
		...	40	...	688	22.624	50.41	402.07	2.7921	3421.3	171.29	171.23	7.854	416.1		
		...	60	...	969	22.062	70.04	382.45	2.6552	5652.8	248.35	165.52	7.854	476.1		
		...	80	...	1219	21.562	87.17	365.22	2.5302	5672.0	296.58	158.26	7.854	516.1		
		...	100	...	1531	20.918	108.07	344.32	2.3911	6849.9	367.39	149.06	7.854	576.1		
		...	120	...	1812	20.376	126.31	326.08	2.2645	7825.0	329.39	141.17	7.854	636.1		
32	32.00	...	5S	...	218	23.561	16.29	436.10	3.0285	1151.6	55.47	186.98	8.378	243.7		
		...	10S	...	250	23.500	16.65	414.74	3.0121	1315.4	61.41	187.95	8.378	291.2		
		STD	20	...	375	23.250	27.83	421.36	2.9484	1942.0	89.62	181.95	8.378	341.2		
		XS	...	500	23.000	36.91	415.38	2.8653	2549.5	125.39	179.87	8.378	391.2			
		...	30	...	562	22.876	41.39	411.00	2.8542	2844.0	140.68	178.09	8.378	441.2		
		...	40	...	688	22.624	50.41	402.07	2.7921	3421.3	171.29	171.23	8.378	491.2		
		...	60	...	969	22.062	70.04	382.45	2.6552	5652.8	248.35	165.52	8.378	541.2		
		...	80	...	1219	21.562	87.17	365.22	2.5302	5672.0	296.58	158.26	8.378	591.2		
		...	100	...	1531	20.918	108.07	344.32	2.3911	6849.9	367.39	149.06	8.378	641.2		
		...	120	...	1812	20.376	126.31	326.08	2.2645	7825.0	329.39	141.17	8.378	691.2		
34	34.00	...	5S	...	218	23.561	16.29	436.10	3.0285	1151.6	55.47	186.98	8.901	303.0		
		...	10S	...	250	23.500	16.65	414.74	3.0121	1315.4	61.41	187.95	8.901	359.4		
		STD	20	...	375	23.250	27.83	421.36	2.9484	1942.0	89.62	181.95	8.901	415.8		
		XS	...	500	23.000	36.91	415.38	2.8653	2549.5	125.39	179.87	8.901	472.2			
		...	30	...	562	22.876	41.39	411.00	2.8542	2844.0	140.68	178.09	8.901	528.6		
		...	40	...	688	22.624	50.41	402.07	2.7921	3421.3	171.29	171.23	8.901	585.0		
		...	60	...	969	22.062	70.04	382.45	2.6552	5652.8	248.35	165.52	8.901	641.4		
		...	80	...	1219	21.562	87.17	365.22	2.5302	5672.0	296.58	158.26	8.901	697.8		
		...	100	...	1531	20.918	108.07	344.32	2.3911	6849.9	367.39	149.06	8.901	754.2		
		...	120	...	1812	20.376	126.31	326.08	2.2645	7825.0	329.39	141.17	8.901	810.6		
36	36.00	...	5S	...	218	23.561	16.29	436.10	3.0285	1151.6	55.47	186.98	9.425	369.4		
		...	10S	...	250	23.500	16.65	414.74	3.0121	1315.4	61.41	187.95	9.425	425.8		
		STD	20	...	375	23.250	27.83	421.36	2.9484	1942.0	89.62	181.95	9.425	482.2		
		XS	...	500	23.000	36.91	415.38	2.8653	2549.5	125.39	179.87	9.425	538.6			
		...	30	...	562	22.876	41.39	411.00	2.8542	2844.0	140.68	178.09	9.425	595.0		
		...	40	...	688	22.624	50.41	402.07	2.7921	3421.3	171.29	171.23	9.425	651.4		
		...	60	...	969	22.062	70.04	382.45	2.6552	5652.8	248.35	165.52	9.425	707.8		
		...	80	...	1219	21.562	87.17	365.22	2.5302	5672.0	296.58	158.26	9.425	764.2		
		...	100	...	1531	20.918	108.07	344.32	2.3911	6849.9	367.39	149.06	9.425	820.6		
		...	120	...	1812	20.376	126.31	326.08	2.2645	7825.0	329.39	141.17	9.425	877.0		

Identification, wall thickness and weights are extracted from ANSI B36.10 and B36.18. The notation STD, XS, and 10S indicate Standard Extra Strong and Double Extra Strong pipe respectively.

Transverse internal area values listed in "square feet" also represent volume in cubic feet per foot of pipe length.

Escala : _____	DIMENSIONES DE TUBERIA	TABLA 3-5	D. M. G.
"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"			Acot. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES			
PLANTEL "ARAGON"			
			Pag. 112 711.0

### Physical Properties of Water

Temperature of Water	Saturation Pressure	Specific Volume	Weight Density	Weight
<i>t</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>ρ</i>	
Degrees Fahrenheit	Pounds per Square Inch Absolute	Cubic Feet Per Pound	Pounds per Cubic Foot	Pounds Per Gallon
32	0.08859	0.016022	62.414	8.3436
40	0.12163	0.016019	62.426	8.3451
50	0.17796	0.016023	62.410	8.3430
60	0.25611	0.016033	62.371	8.3378
70	0.36292	0.016050	62.305	8.3300
80	0.50663	0.016072	62.210	8.3176
90	0.69813	0.016099	62.116	8.3037
100	0.94924	0.016120	61.996	8.2877
110	1.2750	0.016165	61.862	8.2698
120	1.6927	0.016204	61.7132	8.2498
130	2.2220	0.016247	61.550	8.2280
140	2.8892	0.016293	61.376	8.2048
150	3.7184	0.016343	61.188	8.1797
160	4.7414	0.016395	60.988	8.1527
170	5.9676	0.016451	60.777	8.1240
180	7.3110	0.016510	60.559	8.0949
190	8.7840	0.016572	60.333	8.0667
200	11.526	0.016637	60.107	8.0351
210	14.123	0.016705	59.882	8.0024
220	16.896	0.016779	59.647	7.9687
230	19.936	0.016855	59.413	7.9340
240	24.368	0.016936	59.081	7.8974
250	29.227	0.017024	58.757	7.8596
260	34.400	0.017114	57.924	7.7431
300	67.005	0.01745	57.307	7.6668
350	134.404	0.01794	55.586	7.4308
400	247.259	0.01864	53.648	7.1717
450	412.55	0.01943	51.467	6.8801
500	660.86	0.02043	48.948	6.5433
550	1045.43	0.02176	45.956	6.1434
600	1543.2	0.02364	42.301	5.6548
650	2204.4	0.02674	37.967	4.9983
700	3094.3	0.03062	32.307	3.8565

Specific gravity of water at 60°F = 1.00

Weight per gallon is based on 7.48052 gallons per cubic foot

All data on volume and pressure are abstracted from ASME Steam Tables (1967) with permission of publisher, The American Society of Mechanical Engineers, New York, N.Y.

Escala: \_\_\_\_\_

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

TABLA 3-6

D.M.G.



"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO"

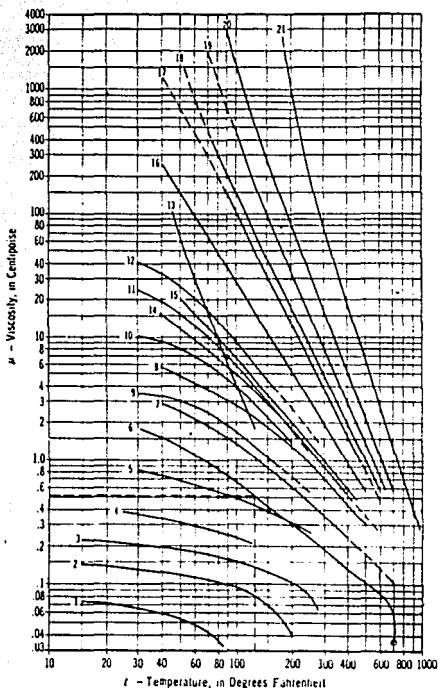
Acol. \_\_\_\_\_

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

Pag. 113

PLANTEL "ARAGON"

## Viscosity of Water and Liquid Petroleum Products<sup>1, 2, 3</sup>



1. Ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)
2. Propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)
3. Butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)
4. Natural Gasoline
5. Gasoline
6. Water
7. Kerosene
8. Diesel Oil
9. 48 Deg. API Crude
10. 40 Deg. API Crude
11. 35.6 Deg. API Crude
12. 32.6 Deg. API Crude
13. Salt Creek Crude
14. Fuel 3 (Max.)
15. Fuel 5 (Max.)
16. SAE 10 (Lube (100 V.I.))
17. SAE 30 (Lube (100 V.I.))
18. Fuel 5 (Max.) or Fuel 6 (Max.)
19. SAE 70 (Lube (100 V.I.))
20. Bunker C Fuel (Max.) and M.C. Bunker
21. Asphalt

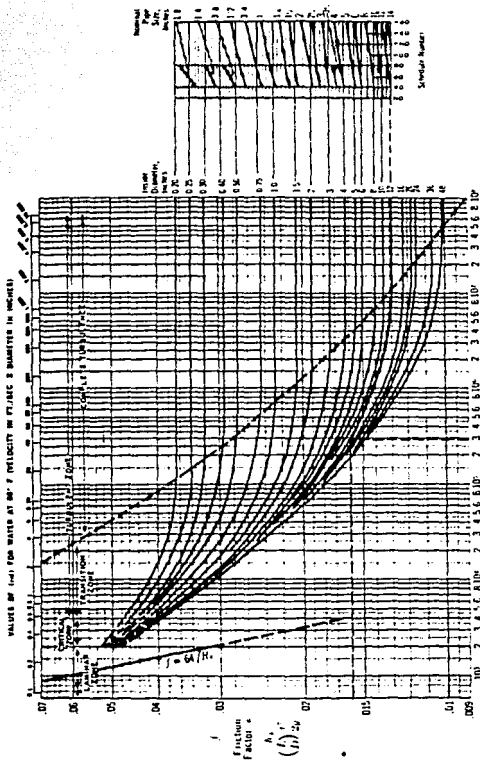
Data extracted in part  
by permission from the  
Oil and Gas Journal

Example: The viscosity of water at  
125 F is 2.41 centipoise (Curve No. 6)

Escala: _____	VISCOSIDAD DEL AGUA	FIG. 3-2	D.M.G
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acot. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES			Pag. 114
PLANTEL "ARAGON"			



# Friction Factors for Clean Commercial Steel Pipe<sup>1a</sup>

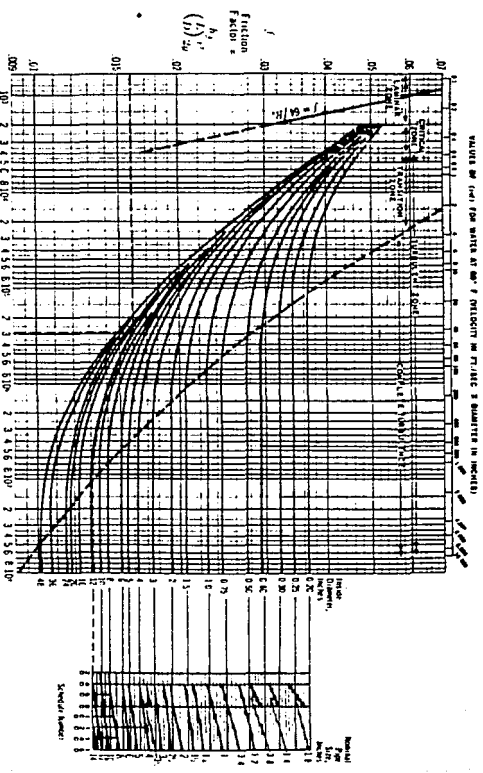


For other forms of the  $f$  equation, see page 3-2

$f$  - Friction Factor =  $\frac{f L \rho V^2}{2 D \Delta P}$

**Problem:** Determine the friction factor for 1-inch Schedule 40 pipe at a flow having a Reynolds number of 10,000.  
**Solution:** The friction factor ( $f$ ) equals 0.02.

Escala: _____	FACTORES DE FRICCIÓN	FIG. 3-3	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO" ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"		Acot. _____ Pag. 115



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

$\lambda = \frac{64}{Re}$

For other fluids see Fig. 6, equations on page 3-3

**Problem:** Determine the friction factor for 12-inch Schedule 40 pipe at a flow having a Reynolds number of 100,000.

**Solution:** The friction factor ( $f$ ) equals 0.017.

Friction Factors for Clean Commercial Steel Pipe



Escala: \_\_\_\_\_

DIMENSIONES DEL SISTEMA DE ENRIAMIENTO

TABLA 3-7

D.M.G.

"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

PLANTEL "ARAGON"

Acol \_\_\_\_\_

Pág. 116

ESFERA		DIAMETRO DE TUBERIA (m)						No DE BOQUILLAS			GASTO DE AGUA (lpm)							
CAPACIDAD (Bls)	DIAMETRO (m)	a	b	c	d	e	f	g	2° ANILLO	ADICIONALES A SOPORTES	TOTAL	Ga	Gb	Gc	Gd	Ge	Gf	Gg
20,000	19.667	12"	8"	8"	8"	2 1/2"	2"	6"	37	12	53	12166.373	6095	6071.373	5635	460	230	2817.5



Escala: \_\_\_\_\_

DIMENSIONES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

TABLA 3-7

D.M.C.

"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"

Acol: \_\_\_\_\_

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

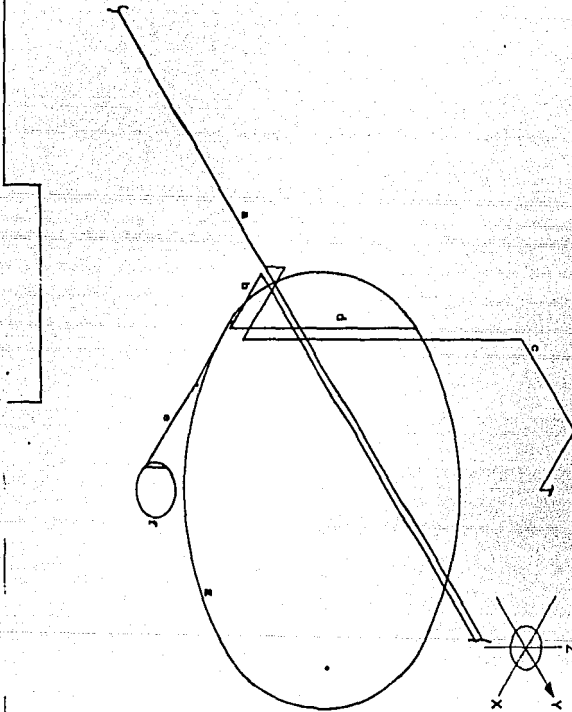
PLANTEL "ARAGON"

Pág. 116

ESFERA		DIAMETRO DE TUBERIA (m)							No DE BOQUILLAS			GASTO DE AGUA (lpm)						
CAPACIDAD (lit)	DIAMETRO (m)	a	b	c	d	e	f	g	2° ANILLO	ADICIONALES A SOPORTES	TOTAL	Ga	Gb	Gc	Gd	Ge	Gf	Gg
20,000	19.667	12"	8"	8"	8"	2 1/2"	2"	6"	37	12	53	12166.373	6095	6071.373	5635	460	230	2817.5

## "ARREGLO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO"

FIG. 3-4



Escala: \_\_\_\_\_

DIMENSIONES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

TABLA 3-7

D.M.G.



"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"

Acol. \_\_\_\_\_

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
PLANTEL "ARAGON"

Pag. 116

	GASTO lpm	DIAMETRO pulg	ACCESORIOS TUBERIA	LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL	CAIDA DE PRESION	PRESION Kg/cm <sup>2</sup>	ELEVACION m	REFERENCIAS
1-2	2817.5	6	1 TE 6"	L 34.212	0.351	PT 5.000	-	
				E 3.081		PE		
				T 37.293		PF 0.131		
2-3	563.5	8	2 TE 8"/8"	L 11.279	0.308	PT 5.131	10.71	
			3 C 90° 8"	E 19.384		PE 1.070		
			1 HD 8" a 8"	T 30.663		PF 0.094		
3-4	460	2 1/2	2 TE 8"/2"	L 11.100	1.022	PT 6.295	1.10	
			2 HD 2 1/2" a 2 1/2"	E 15.206		PE 0.110		
			2 C 90° 2 1/2"	T 26.306		PF 0.268		
4-5	230	2	1 TE 2"	L 4.584	0.636	PT 6.673	-	
				E 1.050		PE		
				T 5.634		PF 0.036		
3-6	6095	8	5 C 90°/1 VC	L 64.780	0.356	PT 6.709	4.00	
			1 F/1 TE de 8"	E 50.363		PE -0.399		
			1 TE 12"/1 HD 8"	T 115.143		PF 0.410		
6-7	6095	12	2 TE 12"	L 64.870	0.169	PT 6.720	4.00	
			3 C 90° 12"	E 40.451		PE -0.399		
				T 105.321		PF 0.178		
				L		PT 6.499		
				E		PE		
				T		PF		
7-8	6071.4	8	1 TE/ 3 C 90°	L 35.438	0.355	PT 5.000	23.560	
			2 C 45° de 8"	E 37.156		PE 2.353		
			1 HD 12" a 8"	T 66.838		PF 0.237		
7-9	12166.4	12	1 VC 12"	L 60.500	0.169	PT 7.590	-2.5	
			3 C 90° 12"	E 51.449		PE -0.249		
			2 TE 12"	T 111.949		PF 0.189		
				L		PT 7.530		
				E		PE		
				T		PF		
A-B	6071.4	12	1 VC 12"	L 20.500	0.045	PT 7.590	-2.5	
			3 C 90° 12"	E 51.449		PE -0.249		
			2 TE 12"	T 71.949		PF 0.033		
				L		PT 7.374		
				E		PE		
				T		PF		
C-D	6071.4	12	1 VC 12"	L 100.500	0.045	PT 7.590	-2.5	
			3 C 90° 12"	E 51.449		PE -0.249		
			2 TE 12"	T 151.949		PF 0.069		
				L		PT 7.410		
				E		PE		
				T		PF		
9-10	24009.11	30	2 TE 30"	L 7.470	0.007	PT 7.520	-	
				E 29.464		PE		
				T 36.934		PF 0.002		

Escala: \_\_\_\_\_

CALCULO HIDRAULICO

TABLA 3-B

D.M.G.



"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"

Acol. \_\_\_\_\_

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

Pag. 118

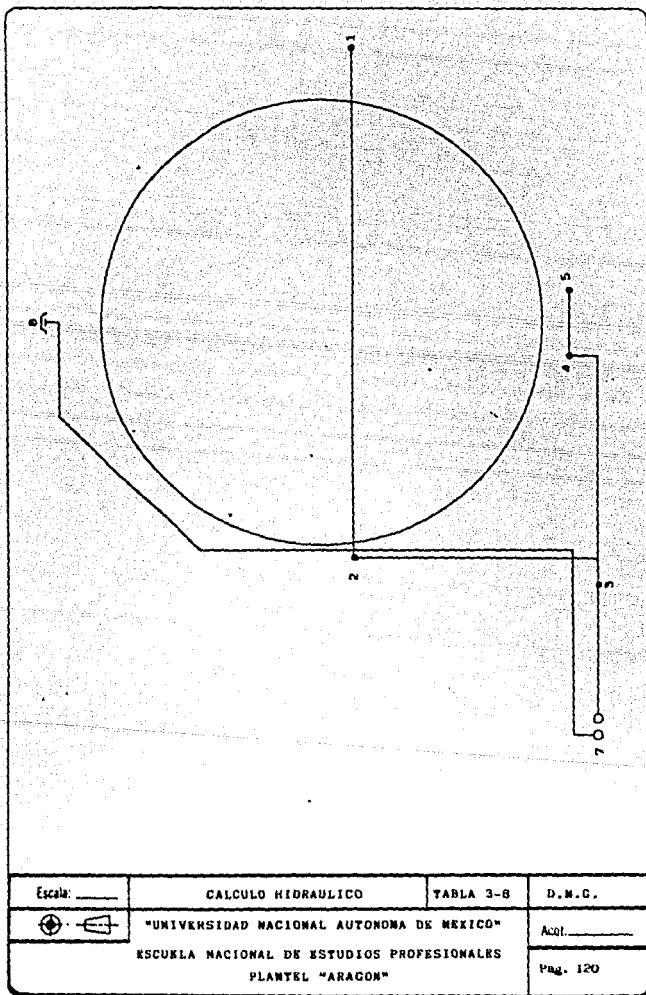
PLANTEL "ARAGON"


	GASTO lpm	DIAMETRO pulg	ACCESORIOS TUBERIA	LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL	CAIDA DE PRESION	PRESION Kg/cm <sup>2</sup>	ELEVACION m	REFERENCIAS
10-11	28053.11	30	2 TE 30" 1 RD 30" a 8"	L 3,630 E 58,192 T 61,822	0.012	PT 7.522 PE PF 0.007	-	LONGITUD EQUIVALENTE VER TABLA
11-12	34124.48	30	2 TE 30" 1 VC 30" 4 C 45" 30"	L 33,622 E 67,769 T 101,391	0.018	PT 7.529 PE PF 0.018	-	Nº 3-B
				L		PT 7.547		
				E		PE		
				T		PF		
11-13	6071.4	30	2 TE / VC 30" 1 RD 30" a 8" 6 C 90" 30"	L 116,906 E 134,801 T 251,707	0.0002	PT 7.000 PE PF 0.0005	-	
13-12	6240	30	2 TE 30" 1 RD 30" a 8"	L 24,430 E 58,192 T 82,622	0.0005	PT 7.0005 PE PF 0.0004	-	
				L		PT 7.001		
				E		PE		
				T		PF		
12 a CB.	40364	30	5 VC 30" 20 C 45" 30" 1 VCH 30" 10 C 90" 30" 1 TE 30" 1 RD 30" a 12" 2 VC 12" 1 C 90" 12"	L 3850.00 E 639,69 T 4489.69 L E T	0.021	PT 7.547 PE -1.098 PF 0.963 PT 7.405 PE PF PT PE PF	10.986	

PRESION DE DESCARGA (MINIMA) DE LAS BOMBAS: 7.405 Kg/cm<sup>2</sup>

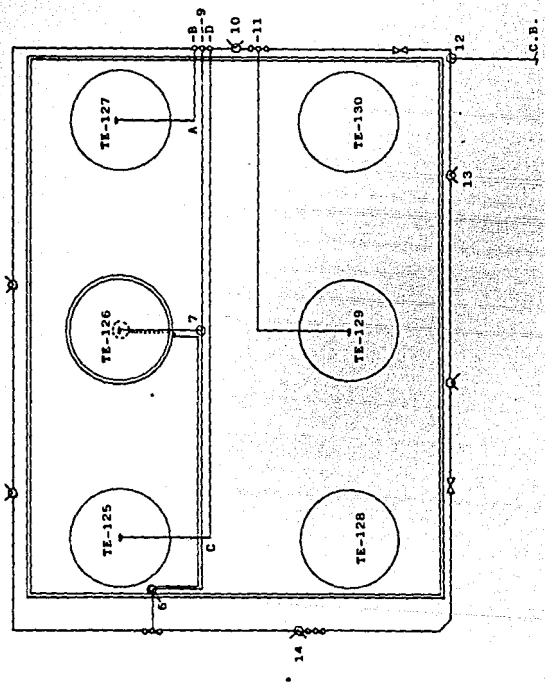
GASTO (MINIMO): 40364 lpm



Escala: _____	CALCULO HIDRAULICO	TABLA 3-B	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acot. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 119



Escala: _____	CALCULO HIDRAULICO	TABLA 3-8	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 120





Escala: _____	CALCULO HIDRAULICO	TABLA 3-B	D.M.G.
 	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acol. _____
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 121

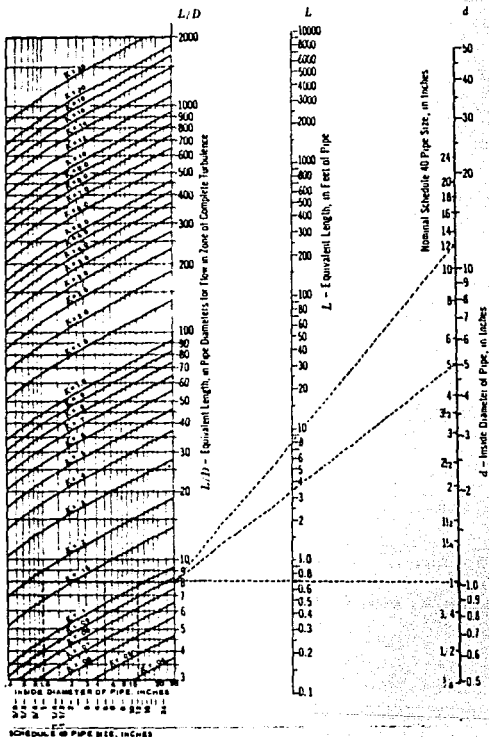
**Representative Equivalent Length in Pipe Diameters (L/D)  
Of Various Valves and Fittings**

Description of Product		Equivalent Length in Pipe Diameters (L/D)
Gate Valves	Wedge, Disc, Double Disc, or Plug Disc	Fully open 13 Three-quarters open 35 One-half open 160 One-quarter open 900
	Pulp Stock	Fully open 17 Three-quarters open 50 One-half open 260 One-quarter open 1200
	Conduit Pipe Line	Fully open 4
Check Valves	Conventional Swing	Fully open 135
	Clearway Swing	Fully open 50
	Globe Lift or Stop	Fully open Same as Globe
	Angle Lift or Stop In-Line Ball	Fully open Same as Angle 150
Foot Valves with Strainer	With poppet lift-type disc	Fully open 420
	With leather-hinged disc	Fully open 75
Butterfly Valves (8-inch and larger)		Fully open 40
Cocks	Straight-Through	Fully open 18
	Three-Way	Flow straight through 44 Flow through branch 140
Fittings	90 Degree Standard Elbow	30
	45 Degree Standard Elbow	16
	90 Degree Long Radius Elbow	20
	90 Degree Street Elbow	56
	45 Degree Street Elbow	26
	Square Corner Elbow	57
Standard Tee	With flow through run	20
	With flow through branch	60
Close Pattern Return Bend		50
Pipe	90 Degree Pipe Bends	See Page A-27
	Miter Bends	See Page A-27
	Sudden Enlargements and Contractions	See Page A-26
	Entrance and Exit Losses	See Page A-26

For resistance factor "K", equivalent length in feet of pipe,  
and equivalent flow coefficient "Cv", see pages A-30 and A-31

Escala : _____	LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS DE TUBERIA	FIG.3-8	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acot. _____
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"		Pag. 122

### Equivalent Lengths $L$ and $L/D$ and Resistance Coefficient $K$



**Problem:** Find the equivalent length in pipe diameters and feet of Schedule 40 pipe, an equivalent steel pipe, and the resistance coefficient  $K$  for 1 1/2 and 12-inch fully opened gate valves with flow in zone of complete turbulence.

**Solution**

Value Size	1"	5"	12"	$K$ for $L$
Equivalent length, pipe diameters	1.5	1.4	1.2	1.32
Equivalent length, feet of Sched. 40 pipe	10.7	14.7	7.0	13.6 feet
Resistance coefficient $K$ , based on Sched. 40 pipe	0.118	0.13	0.10	0.10

Escala: \_\_\_\_\_

LONGITUD EQUIVALENTE DE  
ACCESORIOS PARA TUBERIA

FIG. 3-8a

D.M.G.

"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"

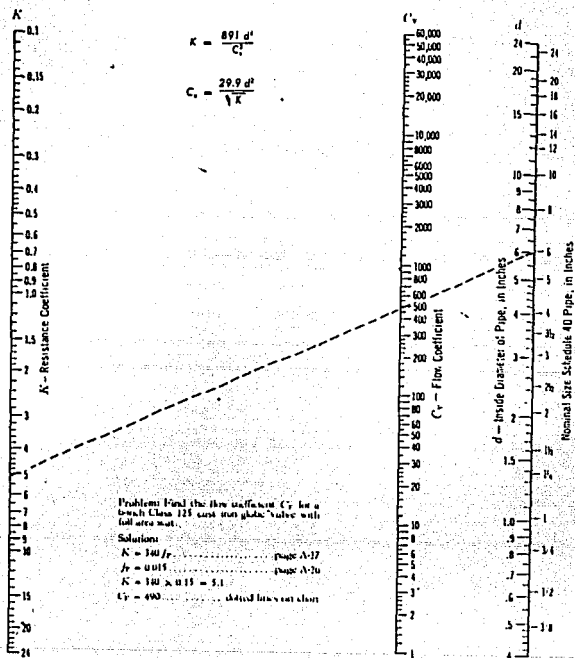
Acot. \_\_\_\_\_

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

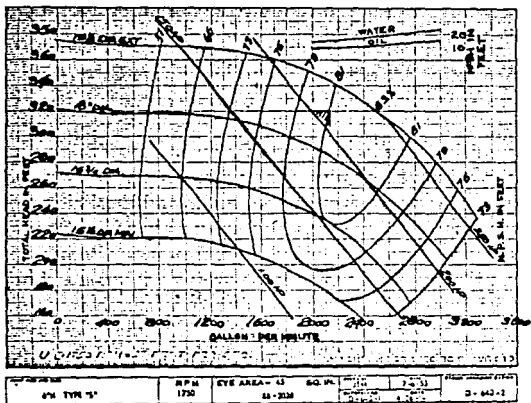
PLANTEL "ARAGON"

Pag. 123

**Equivalents of Resistance Coefficient K  
And Flow Coefficient C<sub>v</sub>**



Escala : _____	LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS PARA TUBERIA	FIG. 3-8b	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acont. _____
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"		Pag. 124

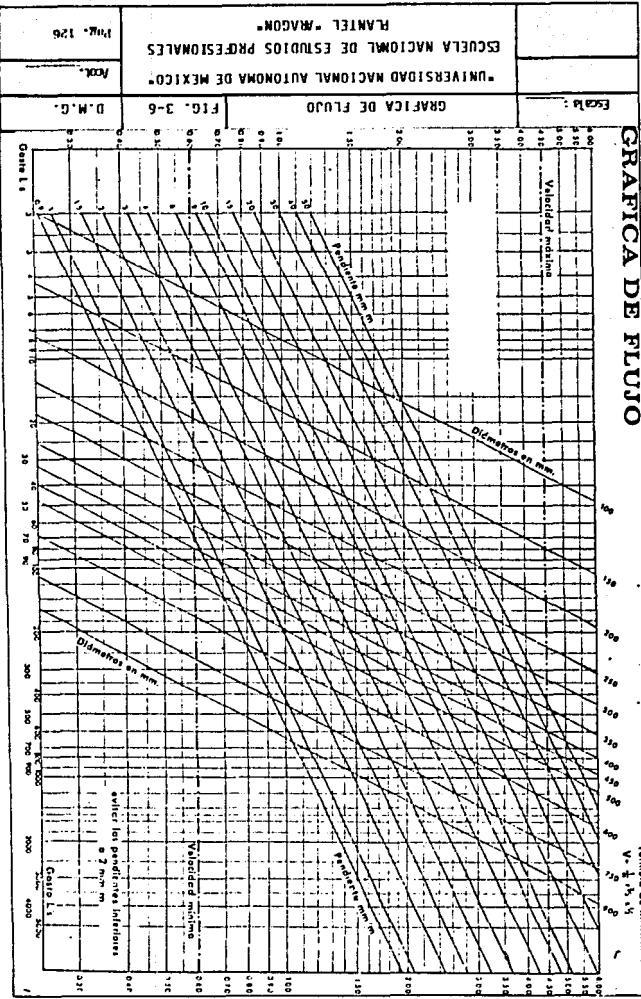


QUALITY PUMPS SINCE 1973

Esca la : _____	CURVA DE OPERACION	FIG.3-5	D.M.G.
	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"		Acot. _____
	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES		Pmg. 125
	PLANTEL "ARAGON"		

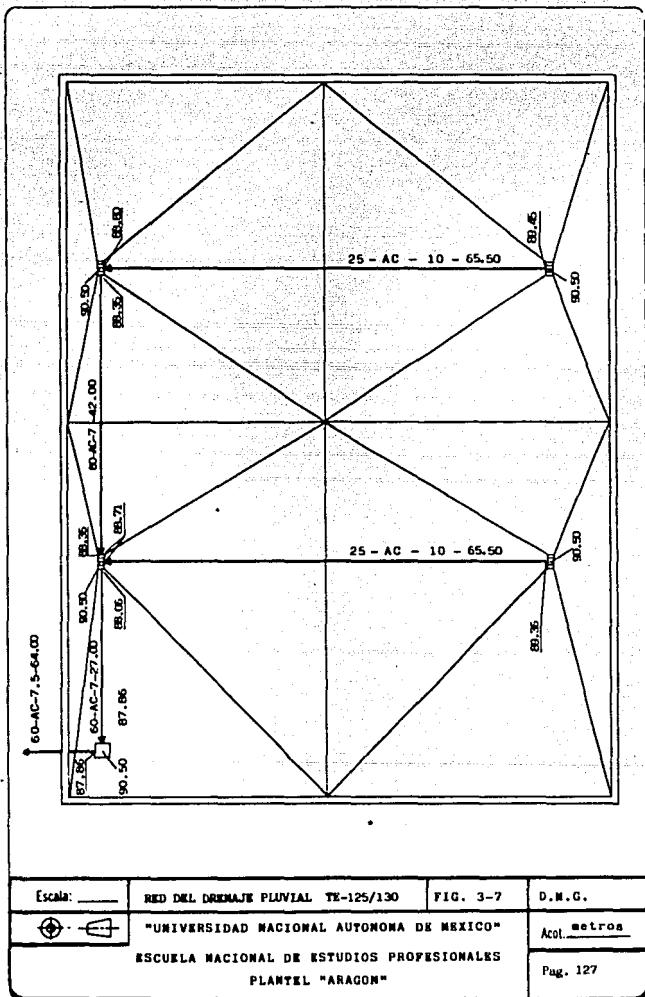
# GRAFICA DE FLUJO



Fórmula de MAINIENNO  
 $V = 0.475 \sqrt{h}$



Escala: **GRAFICA DE FLUJO** FIG. 3-6 D.M.G.

"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"  
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
 PLANTEL "MAGON"  
 Pág. 126



Escala: _____	RED DEL DRENAJE PLUVIAL TE-125/130	FIG. 3-7	D.M.G.
 	"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO"		Acol. <u>metros</u>
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PLANTEL "ARAGON"			Pag. 127

## CONCLUSIONES

El sistema de seguridad y protección contraincendio con que se cuenta, se puede calificar como incompleto, más no ineficiente o malo. Pues la forma en que se maneja el GLP en esta Refinería, da un amplio margen de seguridad a las instalaciones y al personal que ahí trabaja. Pero hay que recordar que los accidentes son impredecibles y que en todo centro de trabajo existen riesgos, algunos son muy obvios, como los que se denominan condiciones inseguras y otros son tan difíciles de identificar como puede ser el comportamiento humano. Por tal motivo se puede afirmar que en esta planta de almacenamiento se lleva como parte inherente el concepto de riesgo.

Por tal razón y considerando la importancia que tiene la protección contraincendio, se ha pretendido generar un conocimiento de los sistemas de protección y detalles de diseño que se deben considerar para que los procesos utilizados en esta planta de almacenamiento de GLP se encuentre dentro de las Normas de Seguridad reconocidas internacionalmente hasta la fecha. En consecuencia de ello un diseño correcto del sistema de protección contra incendio permite que se combata en forma eficaz una emergencia, brindando un elevado rango de seguridad en la planta.

Por lo tanto, para lograr lo anterior, las modificaciones que se proponen en el Tercer Capítulo, tienen que realizarse. Tal vez cuesten demasiado dinero, pero de acuerdo a las experiencias que se han tenido en cuanto a los desastres en plantas similares a ésta y del costo que han representado, el gasto que se realizara sería mínimo y comprobable en cuanto a su necesidad.

A fin de que las instalaciones de contraincendio siempre se encuentren en condiciones óptimas de operación y presten su servicio de combate contra incendio en el momento que se les requiera, el personal encargado del equipo contraincendio debe realizar sus rutinas de inspección, contribuyendo en ampliar la seguridad de la planta.



En general, todo el personal de cualquier centro de trabajo de la industria, tiene la obligación de conocer el funcionamiento y localización del equipo contraincendio para reportarlo cuando se encuentre en mal estado y para estar capacitado a colaborar en caso de emergencia con el fin de preservar los bienes de la industria.

## B I B L I O G R A F I A

- 1 American Society of Mechanical Engineers (ASME)  
"Boiler and Pressure Vessel Code"  
Secc. VIII.  
Ed. 1982
  
- 2 National Fire Protection Association, Inc.  
Standard 59 (NFPA 59)  
"Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum  
Gases at Utility Gas Plants".  
Ed. 1978
  
- 3 American Petroleum Institute  
Standard 2510 (API 2510)  
"Design and Construction of LP-Gas Installation at Marine and Pipeline  
Terminals, Natural Gas Processing Plants, Refineries, Petrochemical  
Plants and Tank Farms".  
4<sup>a</sup> Ed. December 1978
  
- 4 Crane  
Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe.  
Ed. 1982
  
- 5 Spraying Systems Catalogo 255  
Spraying Systems Co.
  
- 6 Código Nacional Eléctrico Norteamericano (NEC)  
Ed. 1983

- \*7 Marsh & Mc. Lennan  
M & M Protection Consultants  
Chicago Illinois E.U.A  
8ª Ed. 1985
  
- \*8 Standards of the National Board of Fire Underwriters for Water Spray  
Systems for Fire Protections.  
Ed. 1982
  
- \*9 National Fire Protection Association, Inc.  
Standard 70 (NFPA 70)  
"National Electrical Code"  
Ed. 1983
  
- \*10 National Fire Protection Association, Inc.  
Standard 77 (NFPA 77)  
"Static Electricity"  
Ed. 1983
  
- \*11 Manual del Ingeniero Mecánico  
Marks, Theodore Baumeister.  
8ª Ed. Mc. Graw Hill
  
- \*12 Especificaciones Generales para Construcción de Obras  
"Drenajes en Zonas Industriales"  
PEMEX 2.332.01
  
- \*13 Instrumentos para Muestreo de Aire  
Julian B. Olishifsaki  
Ed. 1986
  
- \*14 Monitores de Lectura Directa para Gases y Vapores  
Joseph E. Zatek  
Ed. 1986

- \*15. National Fire Protection Association, Inc.  
Standard 30 (NFPA 30)  
"Flammable and Combustible Liquids Code"  
Ed. 1981
  
- \*16 National Fire Protection Association, Inc.  
Standard 58 (NFPA 58)  
"Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases"  
Ed. 1983
  
- \*17 Normas de Seguridad de Petróleos Mexicanos  
A VII-1 "Materiales para Tubería de Agua Contra incendio"  
Ed. 1985
  
- \*18 Normas de Seguridad de Petróleos Mexicanos  
A I-1 "Protección Contra incendio de las Instalaciones de Proceso"  
Ed. 1985
  
- \*19 National Fire Protection Association, Inc.  
Standard 20 (NFPA 20)  
"Standard for Installation of Centrifugal Fire Pumps"  
Ed. 1983
  
- \*20 National Fire Protection Association,  
Standard 14 (NFPA 14)  
"Standard for Installation of Standpipe and Hose Systems"  
Ed. 1983
  
- \*21 "Diseño, Selección y Mantenimiento de Válvulas de Seguridad"  
Campos P. Benjamín  
Congreso Nacional de Seguridad