



95  
20j

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

" ESTUDIO DE REDES CONTRA INCENDIOS  
PARA PROCESOS INDUSTRIALES "

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**I N G E N I E R O Q U I M I C O**

P R E S E N T A :

ADOLFO MORA NORIEGA

MEXICO, D.F.

1996.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**JURADO ASIGNADO.**

**PRESIDENTE.**

Prof.: Eduardo Marambio Dennett.

**VOCAL.**

Prof.: José Agustín Texta Mena.

**SECRETARIO.**

Prof.: Juan Mario Morales Cabrera.

**1er. SUPLENTE.**

Prof.: Ricardo Perez Camacho.

**2o. SUPLENTE.**

Prof.: Humberto Rangel Dávalos.

**Sitio donde se desarrolló el Tema :**  
**Facultad de Química, U.N.A.M.**

**ASESOR DEL TEMA:**

I.Q. Juan Mario Morales Cabrera.

**SUSTENTANTE:**

Adolfo Mora Noriega.

**A DIOS.**

Por darme la vida con salud, por darme la oportunidad  
y las fuerzas necesarias de terminar una carrera profesional  
y de seguir adelante.

Y por permitirme compartir con todos ustedes éste momento.

**A MAMÁ Y PAPÁ**

Por darme la vida, todo el amor y ternura, apoyo,  
comprensión, y motivación a seguir adelante.  
Por toda su confianza y por lo máximo que he tenido.  
Por acompañarme en todos los momentos difíciles.  
Por ser mis maestros, y enseñarme a seguir adelante.  
Por ser los mejores amigos que he tenido, los adoro.

**GRACIAS.  
¡QUE DIOS LOS BENDIGA  
Y LO CONSERVE MUCHO TIEMPO!**

**DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

**A YOYIS.**

Por todo tu apoyo, comprensión, cariño  
y respeto, por todos los momentos que hemos  
vivido juntos.

Por ser la musa que me ha inspirado a ser el  
mejor y a seguir superandome, por todo tú amor.

**GRACIAS.**

Por ser mi pequeño gran amor, te amo.

**DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

**A MIS HERMANAS.**

**LILIANA.**

Por tu ayuda, ternura, cariño y apoyo.  
Porque se que tu vas a llegar mucho más lejos  
profesionalmente, y que ha donde yo he llegado  
lo vas a poder superar fácilmente.  
Gracias por ser mi hermanita, te quiero.

**LETY. y MARY.**

Por toda su ternura, apoyo y cariño.  
Por ser nuestro ejemplo a seguir.  
Por todos eso pequeños y grandes momentos  
que vivimos juntos.  
GRACIAS. Las quiero

**A MIS HERMANOS.**

**JORGE Y CARLOS.**

Por todos esos grandes momentos, peleas y alegrías  
Por su apoyo, por protegerme, cuidarme y enseñarme.  
Por su cariño. GRACIAS.

**A MI CUÑADO GENARO .**

Por todo el apoyo y cariño que nos has brindado.  
G R A C I A S .

**A MIS SOBRINOS.**

**Alejandro, Jonatan, Carlos, Eduardo.**

Con especial cariño a **Fernando** porque a tu corta edad  
nos has enseñado a luchar y a seguir adelante.

**A MIS AMIGOS.**

Juan José, Alberto, Gerardo, Hiana, Raúl, Carlos  
Rafael, José Luis, Juan, Adriana, Alejandro y Paco.

Por todo su cariño y amistad, por todos esos  
momentos felices y amargos que pasamos juntos.  
Por todo su invaluable apoyo que me han brindado,  
y por su amistad que será para siempre, con especial cariño.

**GRACIAS.**

**A TODOS LOS STAKA BROWN.**

**A LAS FAMILIAS.**

Alamillo de Ibarrola, Tafoya Ávila, Reyes Tenorio,  
Alamarez Hernandez, Espinosa de los Montero Rebolledo,  
Becerra Nava, Carreón Farrera.

**GRACIAS.** Por todo su apoyo.

**A MI ABUELITA ISABEL ZAPIAIN.**

Por todo su amor, y por permitirme ser su nieto.  
Porque sé que Dios la tiene en su gloria.

**GRACIAS.**

**CON ESPECIAL AGRADECIMIENTO A.**

**ING. JUAN MARIO MORALES CABRERA.**

Por toda su paciencia,  
sus enseñanzas, apoyo, y por permitirme  
colaborar con él en éste y otros trabajos.

**GRACIAS.**

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

INDICE GENERAL		Pág.
<i>INTRODUCCION.</i>		
<i>OBJETIVOS.</i>		
<b>CAPITULO 1.</b> <i>"ANTECEDENTES HISTORICOS".</i>		11
<b>CAPITULO 2.</b> <i>"CLASIFICACION DE RIESGOS Y EVALUACION DE PELIGROS".</i>		18
2.1	Clasificación de Riesgos	19
2.2	Clasificación de Fuegos	21
2.3	Clasificación de Areas Peligrosas .	22
2.3.1	Area Clase I	22
2.3.1.1	División de la Clase I	22
2.3.1.2	Area Clase I División 1a.	22
2.3.1.3	Area Clase I División 1b.	22
2.3.1.4	Area Clase I División 2	23
2.3.2	Area Clase II	23
2.3.3	Area Clase III	23
2.4	Areas no Peligrosas.	24
2.5	Clasificación de Gases y Vapores por su Grado de Peligrosidad.	25
2.5.1	Condiciones de Incendio o Explosión	25
2.6	Factores de Grado de Peligro	25
2.7	Grupos de Atmosferas Peligrosas	26
2.8	Identificación de Peligro	27
2.8.1	Salud	28
2.8.2	Flamabilidad	29
2.8.3	Reactividad	30
2.9	Clasificación Basica de Líquidos Flamables y Combustibles	31
2.10	Clasificación de Gases, Líquidos y Vapores Inflamables	34
2.10.1	Gases más Ligeros que el Aire	34
2.10.2	Líquidos Inflamables	34
2.10.3	Líquidos Combustibles	35
2.10.4	Cuartos de Almacenamiento y Manejo de Líquidos Inflamables	36
<b>CAPITULO 3.</b> <i>"SISTEMAS DE EXTINCION".</i>		37
3.0	Métodos de Extinción	38
3.1	Propiedades Físicas del Agua	41
3.2	Extinción por Enfriamiento	43
3.3	Extinción por Sofocamiento	45
3.4	Extinción por Emulsificación	46
3.5	Extinción por Dilución	46

## DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

<b>CAPITULO 4.</b>	
<b>"SUMINISTRO DE AGUA".</b>	
4.1	Factores que afectan el Suministro de Agua 47
4.2	Requerimientos de Agua en la Lucha 48
	contra Incendios 49
4.2.1	Método Iowa State University 56
4.2.2	Método Illinois Institute of Technology 56
	Reserch Institute
4.3	Fuentes de Suministro 58
4.3.1	Suministros Subterráneos 58
4.3.2	Suministros Superficiales 58
4.4	Sistemas de Distribución de Agua 61
4.4.1	Sistemas por gravedad 61
4.4.2	Sistemas de Bombeo 61
<b>CAPITULO 5.</b>	
<b>"SISTEMA HIDRAULICO".</b>	
5.1	Sistema De Mangueras Y Tuberías 63
5.1.1	Sistemas Clase I 63
5.1.2	Sistemas Clase II 64
5.1.3	Sistemas Clase III 65
5.2	Suministro de Agua en Tuberías 66
5.2.1	Requerimientos de Suministro 66
	de Agua
5.3	Clasificación de Tuberías 68
5.4	Mantenimiento de Tuberías 74
5.5	Válvulas y Dispositivos de Control 78
	de Presión
5.5.1	Válvulas de Compuerta 80
5.5.2	Válvulas de Globo 80
5.5.3	Válvulas de Mariposa 81
5.5.4	Válvulas de Bola 81
5.5.5	Válvulas de Macho 82
5.5.6	Válvulas de Diafragma 82
5.5.7	Válvulas de Retención (Check ) 83
5.6	Mangueras 86
5.7	Boquillas 92
5.8	Hidrantes 95
5.8.1	Tipos de Hidrantes 96
5.8.2	Localización 97
5.9	Monitores 102
5.10	Sistemas de Bombeo 106
5.10.1	Velocidad Específica 111
5.10.2	Leyes de Afinidad 112
5.10.3	Tipos de Bombas 113
5.10.5	Motores Eléctricos. 117
5.10.6	Motores de Combustión Interna. 118
5.10.7	Dispositivos de Protección. 120
5.10.8	Turbinas de Vapor. 121
5.11	Tanques de Almacenamiento. 122
5.11.1	Localización del(os) tanque(s) de Almacenamiento. 124

## DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

<b>CAPITULO 6.</b>	
<b>"CALCULO HIDRAULICO".</b>	<b>127</b>
<b>CAPITULO 7.</b>	
<b>"SISTEMAS DE ROCIADORES".</b>	<b>132</b>
<b>7.1 Tipos de Sistemas.</b>	<b>136</b>
7.1.1 Sistema Húmedo.	136
7.1.2 Sistema Seco.	136
7.1.3 Sistema Preacción.	136
7.1.4 Sistema Diluvio.	137
<b>7.2 Tubería y Accesorios.</b>	<b>139</b>
<b>7.3 Boquillas y Rociadores.</b>	<b>140</b>
<b>7.4 Válvulas.</b>	<b>142</b>
<b>7.5 Suministro de Agua para un Sistema de Rociadores.</b>	<b>143</b>
<b>CAPITULO 8.</b>	
<b>"CRITERIOS GENERALES".</b>	<b>149</b>
<b>8.1 Criterios Generales.</b>	<b>150</b>
<b>8.2 Criterios de Diseño.</b>	<b>153</b>
8.2.1 Tubería.	153
8.2.2 Bombas.	154
8.2.3 Accesorios.	155
8.2.4 Motores de Combustión Interna.	155
<b>8.3 Criterios de Operación.</b>	<b>157</b>
<b>8.4 Criterios Generales para Construcción, Instalación y Mantenimiento.</b>	<b>163</b>
8.4.1 Bombas.	163
8.4.2 Motores e Instalaciones Eléctricas.	164
8.4.3 Motores de Combustión Interna.	164.
8.4.4 Turbinas de Vapor.	165
8.4.5 Tubería.	165
8.4.6 Válvulas.	167
8.4.7 Hidrantes.	168
8.4.8 Monitores Fijos.	168
<b>CAPITULO 9.</b>	
<b>"DISEÑO DE UNA RED DE AGUA CONTRA INCENDIOS PARA UN PROCESO DE NEGRO DE HUMO".</b>	<b>169</b>
<b>9.0 Generalidades.</b>	<b>170</b>
<b>9.1 Clasificación de Substancias.</b>	<b>172</b>
9.1.2 Aceite de Conversión.	172
9.1.2.1 Identificación de Substancias.	172
9.1.2.2 Componentes.	172
9.1.2.3 Propiedades Físicas.	173
9.1.2.4 Datos de Riesgo de Incendio o Explosión.	173
9.1.2.5 Riesgos a la Salud.	174
9.1.2.6 Reactividad.	175
9.1.2.7 Procedimiento para Derrames y Fugas.	175
9.1.2.8 Protección y Medidas de Control.	176
9.1.2.9 Precauciones Especiales.	177

## DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

9.1.3 Negro de Humo.	178
9.1.3.1 Composición.	178
9.1.3.2 Identificación de Riesgo.	178
9.1.3.3 Inspección de Emergencia.	178
9.1.3.4 Efectos Potenciales a la Salud.	179
9.1.3.5 Situación Cancerígena.	179
9.1.3.6 Primeros Auxilios.	179
9.1.3.7 Medidas para Prevenir el Fuego.	180
9.1.3.8 Medidas de Escape Accidentales.	181
9.1.3.9 Manejo y Almacenamiento.	181
9.1.3.10 Control de Exposición y Protección Personal.	181
9.2 Bases de Diseño.	182
9.3 Planos	
9.3.1 Diagrama de Flujo de Proceso.	192a
9.3.2 Diagrama de Tubería e Instrumentación.	192b
9.4 Cálculo Hidráulico.	183
9.4.1 Casos Críticos.	184
9.4.2 Detalle del Caso Crítico.	193
9.4.3 Símbología.	194
9.5 Conclusiones.	195
9.6 Recomendaciones.	196
Definición de Términos.	198
Apéndice A.	202
Apéndice B.	208
Bibliografía.	227

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

INDICE DE TABLAS

No.	TITULO	Pág.
1.1	Problemas de Incendios Reportados en E.U. DE 1977 A 1988.	12
1.2	Historial de Incendios.	13
1.3	Los diez Principales Incendios en la Industria	14
1.4	Principales Causas por las que ocurren los Incendios en hogares de E.U. de 1983 a 1987.	15
1.5	Principales causas de Incendios en las Industrias de 1983 a 1987.	16
1.6	Principales Fuentes de Ignición.	17
4.1	Factor de Ocupación $O_i$ .	52
4.2	Factor de Exposición $X_i$ .	53
4.3	Factor de Comunicación $P_i$ .	54
4.4	Flujo de Agua para Grupos Habitacionales.	54
4.5	Flujo de agua de Enfriamiento en Unidades de Proceso.	55
4.6	Guía de Requerimientos de Agua.	55
4.7	Duración del Flujo contra Incendio.	57
5.1	Requerimientos de Flujo de Agua en Mangueras, Monitores y Rociadores.	68
5.2	Requerimientos de Flujo de Agua para Equipos de Proceso.	68
5.3	Longitud Equivalente en Reducciones.	70
5.4	Díámetro de la Tubería de Descarga en las Bombas.	71
5.5	Materiales para Tubería Area de Redes contra Incendio.	76
5.6	Materiales para Tubería Enterrada de Redes contra Incendio.	77
5.7	Presiones Recomendadas para Controles de Salida en Redes contra Incendio.	87
5.8	Pérdidas por Fricción en Mangueras.	88
5.9	Ecuaciones Recomendadas para Calcular Pérdidas por Fricción en Mangueras.	89
5.10	Clasificación de Boquillas.	93
5.11	Clasificación de Hidrantes.	98
5.12	Clasificación de Colores en Hidrantes.	99
5.13	Tipos de Bombas e Intervalos de Tiempo y Capacidad.	108
5.14	Bombas Estándares.	115
5.15	Tamaño Estándar de Tanques por Gravedad.	123
5.16	Capacidades Comunes de Tanques con Bombas a la Succión.	125
6.1	Longitud Equivalente en ft de Tubería para $C=100$ .	129
6.2	Factores de Corrección de Longitud Equivalente para $C$ diferente a 100.	129
7.1	Rociadores de $1/2$ in. de Orificio.	140
7.2	Factor $K$ y Descarga Relativa de Rociadores con Distintas Medidas de Orificio.	142
7.3	Valores de Aplicación de Agua por Aspersores.	146
7.4	Gastos Requeridos para $v = 3 \text{ m/s}$	147

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

INDICE DE FIGURAS

No.	TITULO	Pág.
1	Diagrama de Identificación de Peligrosidad NFPA.	27
2	Requerimientos de Flujo para Sistemas de Clase I y III.	67
3	Válvula Característica Reguladora.	79
4	Tipos de Válvulas y sus partes más Importantes.	84
5	Colocación Típica de Mangueras.	90
6	Cabina para Mangueras.	91
7	Tipos de Boquillas.	92
8	Otros tipos de Boquillas.	94
9	Característica de los Hidrantes " Base Valve ".	96
10	Hidrantes de Cañon Seco.	97
11	Forma de Uso de los Monitores.	103
12	Aplicación de los Monitores.	104
13	Curva Característica de Bombas Centrifugas.	106
14	Bomba con Turbina Vertical y Tipo Cazoleta del Impulsor.	107
15	Curva Característica de Bombas con Turbina Vertical.	108
16	Tipos de Impulsor y sus Curvas Características.	109
17	Las 2 Clases de Flujo en las Bombas Contra Incendio.	109
18	Tanques por Gravedad.	122
19	Construcción de Tanques de Almacenamiento de Agua contra Incendio.	124
20	Patrón de Agua en un Sistema de Rociadores.	133
21	Partes Principales de un Rociador.	134
22	Arreglo General de un Sistema de Rociadores.	135
23	Tipos de Sistemas de Rociadores.	137
24	Arreglo de Válvulas en un Sistema de Rociadores.	143

## INTRODUCCION.

La profesión de Ingeniería Química es una de las profesiones más involucradas con la seguridad industrial, de cuidar, prevenir y combatir algún desastre. En nuestro país ésta rama ha adquirido una gran importancia, realizando evaluaciones e inspecciones que son requeridas según sea el caso de la empresa o proceso del cual se hable.

El prevenir un desastre ha ganado un gran campo en la seguridad industrial, más que el combatir, y esto ayuda económicamente al país al no causar desastres o pérdidas materiales y aún más al salvaguardar las vidas humanas, ya que de éste modo la gente trabaja con más seguridad y por consiguiente es más eficiente, debido a que no tiene que pensar en que pueda ocurrir algún accidente, y si éste llega a ocurrir la gente que trabaja en éstas empresas saben que hacer, como atacarlo evitando que pase hacer un problema mayor. En los últimos años los trabajadores de las empresas han recibido una mayor capacitación en el campo de seguridad para que tengan en cuenta que su vida es lo más valioso que puede haber, y que no nada más el ingeniero encargado es el responsable de su seguridad.

En las escuelas la materia de seguridad industrial ha recibido una gran importancia y día a día lo va siendo más, con una mejor capacitación de los futuros ingenieros, y que en el campo en el que se lleguen a desarrollar (ya sea en diseño o procesos) deben conocer y aplicar la seguridad en el lugar en el que se encuentren.

Una de las partes principales de éste trabajo es el hacer llegar a un estudiante así como a un profesionista la importancia que puede adquirir el tener conocimiento de uno de los extintores universales más eficientes, debido a sus propiedades físicas, químicas y a su abundancia, así es hablamos del agua. También hacemos de su conocimiento donde y como se debe usar para el diseño o la aplicación de una red de agua contra incendio así como su mantenimiento.

La seguridad debe ser el elemento más importante en el proyecto de una planta de proceso. La masa de acero que se modela hasta darle la forma de una planta, estará operada finalmente por seres humanos cuya salud y bienestar habrá que proteger.

El no tomar en cuenta la seguridad en el proyecto de una planta de proceso es equivalente a la negligencia criminal. Todos los ingenieros proyectistas deben sentir la responsabilidad que entraña el ejecutar un proyecto seguro. Deberán hacerse la siguiente pregunta: ¿Estaría yo dispuesto a operar éste equipo como está proyectado?. Si la respuesta es "no", o si el "si" es débil, deben buscarse y corregirse las causas de la incertidumbre.

Siempre que sea posible, el proyectista deberá discutir su proyecto con los operadores y con los ingenieros encargados de la seguridad de la planta. Estas personas conocen a fondo lo que es la seguridad y podrán dar muy buenos consejos.

Los riesgos que hay que considerar en el proyecto de cualquier planta de proceso pueden agruparse en forma aproximada en tres categorías principales: incendios, explosiones y mecánico - higienicos. La mayoría de los procesos químicos son potencialmente peligrosos, porque en ellos se producen materiales inflamables y explosivos.

El proyecto del equipo para estas plantas deben dictarlo las características de los materiales que se procesan. Varios productos químicos constituyen peligros definidos para la salud. La respiración continua y/o el contacto con la piel por mucho tiempo de materiales como el benceno y el tetracloruro de carbono, que pueden producir daños permanentes en la salud y hasta la muerte. Es asombroso que muchas personas con conocimientos científicos no saben los riesgos que representan para la salud algunas sustancias químicas comunes. Aunque existen referencias excelentes sobre toxicología industrial que pueden usarse como guías, todo lo relativo a las sustancias químicas, excepto cuando se trate de las menos comunes, deberá consultarse con un toxicólogo industrial competente antes de desarrollar las técnicas para su manejo, debido a ésto es nuestra inquietud que éste trabajo esté al alcance de cualquier estudiante y pueda llegar a servir como guía en el diseño de una red de agua contra incendio para un proyectista, conteniendo los conocimientos mínimos necesarios que deberá saber y considerar para su diseño, éste es el alcance que espero tener al desarrollar éste trabajo, comenzando por hacer un poco de conciencia de su importancia como se especifica en el capítulo número uno, y teniendo una secuencia para adquirir conocimientos básicos e importantes hasta llegar a plantear la ingeniería básica de un diseño de una red de agua contra incendio; es importante mencionarles que ésta tesis está diseñada para tener una

## DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

secuencia desde el primer capítulo hasta el último, por lo cual muchas de las consideraciones que se tienen en cuenta en el último capítulo, que es donde se diseña la red de agua contra incendio y se aplican todos los conocimientos de los capítulos anteriores.

Es importante tener en cuenta que la seguridad en una planta no nada más implica el tener un hidrante o monitor o en su caso un extinguidor para combatir un incendio, y que el estar en peligro no implica que deberá existir un incendio, sino que en éste trabajo tratamos sólo una parte de lo que es la seguridad de una planta, y que no podemos hablar de todo lo demás ya que sería interminable hablar de ello.

La seguridad comienza en cada uno de nosotros desde usar nuestro equipo de seguridad como son lentes de protección, guantes, vestimenta, etc. según sean los materiales que se estén manejando, como también tener los conocimientos de como manejar el equipo y que hacer en caso de peligro.

Por último quiero finalizar ésta sección para comenzar a adquirir los siguientes conocimientos sin olvidar que, como estudiantes y profesionistas de una carrera de ingeniería química es nuestra obligación diseñar y operar con la mayor seguridad posible, ya que estarán en nuestras manos muchas vidas humanas, en las cuales puede estar la vida de un ser querido o la nuestra.

### OBJETIVOS.

- Conocer los beneficios humanos y económicos que significan para la industria el tener una red de agua contra incendio.
- Clasificar los riesgos y áreas peligrosas que existen en una planta industrial.
- Establecer distintos métodos de extinción.
- Conocer las diferentes fuentes de suministro de agua, los factores que la afectan, así como los métodos de cálculo para su abastecimiento.
- Establecer hidráulicamente las partes principales de una red de agua contra incendio, así como sus principales características.
- Conocer los pasos a seguir para diseñar hidráulicamente una red de agua contra incendio.
- Establecer los criterios generales para el diseño, operación, construcción y mantenimiento de una red de agua contra incendio.
- Proponer los diferentes casos críticos probables de un incendio, en un análisis por áreas, para establecer la demanda máxima de agua que se manejará en el diseño de una red de agua contra incendio, en la sección de almacenamiento de aceite de conversión para un proceso de negro de humo.

# CAPITULO 1

## *"ANTECEDENTES HISTORICOS."*

## I. ANTECEDENTES HISTORICOS.

En éste capitulo que se ha anexado en el estudio de redes de agua contra incendio, para tener una mejor perspectiva de la importancia y magnitud que representa que cada industria tenga su propia red contra incendio. La serie de datos que se reportan son de Estados Unidos de Norte America, por la facilidad que se tiene a está información ya que en nuestro país es demasiado difícil tener acceso a ésta información.

Una de las partes principales por las que nos sirve el analizar las estadísticas de los anteriores desastres en incendios, es debido al aprendizaje que estos nos dan, en pérdidas humanas, materiales, económicos, etc., así proteger mejor las industrias en casos de incendios, y que estos no lleguen a desastres y cobren vidas humanas, cuantiosas pérdidas materiales y económicas.

En la tabla 1.1, se muestra el número de incendios asociados a pérdidas alrededor de 1982 que son importantes para situarnos en la realidad. Los incendios reportados pueden estar dentro del 6 por ciento de todos los años desde 1982 a 1988, excepto 1986. Y despues ajustes por la inflación, directamente en daños pueden acercarse al 9 por ciento de \$5.5 billones de dolares en 1980 en todos los años desde 1982 a 1988.

Años.	Incendios.	Muertes civiles.	Daños civiles.	Daños directos. (dls).
1977	3,264,000	7,395	31,190	\$ 4,709,000,000
1978	2,817,500	7,710	29,825	\$ 4,498,000,000
1979	2,845,500	7,575	31,325	\$ 5,750,000,000
1980	2,988,000	6,505	30,200	\$ 6,254,000,000
1981	2,893,500	6,700	30,450	\$ 6,676,000,000
1982	2,538,000	6,020	30,525	\$ 6,432,000,000
1983	2,326,500	5,920	31,275	\$ 6,598,000,000
1984	2,343,000	5,240	28,125	\$ 6,707,000,000
1985	2,371,000	6,185	28,425	\$ 7,324,000,000
1986	2,271,500	5,850	26,825	\$ 6,709,000,000
1987	2,330,000	5,810	28,215	\$ 7,159,000,000
1988	2,436,500	6,215	30,800	\$ 8,352,000,000

La tabla 1.2 nos proporciona una amplia perspectiva acerca de las muertes causadas por los incendios en E.U.A.

En el planteamiento que se presenta y que empieza en 1982, y después de un período constante, para disminuir, tardó alrededor de dos décadas. El campo de la protección contra incendios ha progresado año tras año con una mejor tecnología, pero la constante disminución de las estadísticas de mortalidad no ha existido por muchos años, y esto puede significar un mayor esfuerzo de todos para erradicar éstos desastres.

Las muertes en incendios han perdido aproximadamente un 50% en los años de los 70s, desde la primera guerra mundial, donde se registró el mayor porcentaje de pérdidas humanas en incendios, desde entonces hasta el año de 1988 han tenido una disminución del 75%. En los años de los 60s los principales accidentes eran individuales; pocos de éstos incidentes pueden afectar significativamente el total de muertes provocadas por incendios.

<b>Años.</b>	<b>Muertes en incendios.</b>	<b>Muertes en incendios por cada 100000 habitantes.</b>
1913	8,900	9.1
1920	9,300	8.7
1930	8,100	6.6
1940	7,500	5.7
1950	6,400	4.2
1960	7,600	4.3
1970	6,700	3.3
1980	5,800	2.6
1988	5,000	2

En la American Burning, se presentó el reporte de la National Commission on Fire Prevention and Control (NCFPC), donde determina una meta para 1973 en la reducción de los incendios en E.U., y en la disminución de muertes a la mitad en una generación, que es comprendido en más de 2 décadas. Con 2/3 partes de ésta nueva generación, las muertes por fuego han disminuido considerablemente, a la medida de que las muertes certificadas han sido 1/4 parte de las reportadas en 1973, un poco antes de 1982.

Los incendios están en el segundo lugar de las muertes registradas a causa de accidentes en el hogar. Los intervalos de las muertes en E.U. y en Canada pueden ser también las más altas, como en accidentes de Europa y Occidente. Los datos mostrados nos indican que en un futuro los incendios en E.U. tienden a bajar.

Los incendios en E.U. son relativos al tamaño de la economía, y es relativamente comparable en los intervalos de el occidente de Europa y Japón. Como nación, los E.U. proyectan una mejor protección con relación a los incendios; en éstos tiempos, si se compara con otras naciones completamente industrializadas y democráticas. Si se ve de otra forma, los daños a causa de incendios en un año, el costo es mayor que el costo de un edificio con 100 departamentos nuevos, esto representa entre \$100,000 y \$120,000 dolares en 1987.

Todos éstos datos que se han presentado son importantes, ya que nos pueden dar una idea de los costos materiales y humanos que pueden ser ocasionados en un incendio, ya sea en una casa, en un bosque o en la industria; los datos que realmente nos interesan son los de la industria, así como sus principales causas y consecuencias. En la tabla 1.3 podremos observar los principales incendios y el costo de éstos en los E.U.

No.	Industrias.	Pérdidas en millones de dolares de 1988.
1	Phillips Petroleum Plastics Manufacturing and Storage Plant, Pasadena, Tx. October 23 1989.	\$ 750
2	Shell Oil Company Petroleum Refinery, Norco, LA, May 5 1988.	\$ 330
3	Hoechst Celanese Chemical Manufacturing Plant, Pampa, Tx, Nov. 14 1987.	\$ 160
4	Tinker Air Force Base Jet Engine Repair Facility, Oklahoma City, Ok. Nov. 12 1984.	\$ 157
5	Multiple-Tenant Warehouse, Elizabeth, NJ. Feb. 21 1985.	\$ 135
6	K-Mart Warehouse, Fallsington, PA. Jun. 21 1982	\$ 123
7	Union Oil Company Refinery, Removille, Il. Jul. 23 1984.	\$ 114
8	Northwestern National Bank Building, Minneapolis, NM. Nov. 25 1982.	\$ 114
9	Pacific Engineering & Production Company Rocket Fuel Manufacturing Facility, Henderson, NV. May. 4 1988.	\$ 103
10	Gimup Fire, Lynn, MA. Nov. 28 1981.	\$ 97

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

Los datos reportados en la tabla 1.3 son proporcionados por la NFPA "Fire Incident Data Organization and Consumer Price Index". Como se pueden observar las pérdidas en los incendios son bastante considerables en la economía, tanto de una compañía como de un país, por lo que es importante el tomar acciones para evitar estos daños, tomando en cuenta las causas principales por las que estos accidentes ocurren.

Las causas principales es importante tomarlas en cuenta, ya que considerando a éstas como base se podrán tomar acciones pertinentes para erradicarlas. En las tabla 1.4 y 1.5 se pueden observar las causas principales por las que ocurren los desastres en las casas como en las industrias.

Tabla 1.4 Principales Causas por las que ocurren los incendios en hogares de E.U. de 1983 a 1987.				
Causa.	Civiles Muertos.	Daños Civiles.	Daños Directos en Millones de Dls.	Incendios.
Fuentes de calor proporcionados por fumar.	1,560	3,830	\$ 384	64,300
Calentamiento de Equipo.	820	3,110	\$ 832	191,700
Sistemas eléctricos.	450	1,780	\$ 841	76,600
Equipo de cocina.	400	5,000	\$ 389	132,100
Artículos de ignición rápida.				
Muebles tapizados.	1,070	2,450	\$ 249	27,300
Colchones o cobijas de materiales combustibles.	800	3,500	\$ 288	52,700
Líquidos o gases combustibles inflamables.	640	5,110	\$ 821	73,100
Estructuras, cuadros o pinturas.	370	1,030	\$ 984	68,200
Paredes cubiertas.	330	870	\$ 409	32,800
Incendio premeditado	760	2,850	\$ 1747	137,600
Niños jugando con fuego.	390	2,190	\$ 201	37,500

Causas principales.	Pérdidas Promedio por año.			
	Incendios.	Civiles muertos.	Daos civiles.	Daños directos en millones de dls.
Otros equipos.	13,100 (21.0%)	20 (25%)	460 (36.9%)	\$ 222.3 (20.2%)
Incendios o causas sospechosas.	10,800 (17.3%)	10 (12.4%)	60 (4.5%)	\$ 283.1 (25.7%)
Flama abierta.	9,100 (14.6%)	10 (13.1%)	190 (15.5%)	\$ 123.7 (11.2%)
Equipo eléctrico.	6,500 (10.5%)	5 (6.1%)	120 (9.7%)	\$ 143.2 (13.0%)
Causas naturales.	4,500 (7.3%)	5 (5.8%)	110 (8.7%)	\$ 68.0 (6.2%)
Exposición (de otros incendios).	4,500 (7.2%)	1 (1.7%)	10 (1.1%)	\$ 46.0 (4.2%)
Equipo de calentamiento.	4,400 (7.1%)	8 (10.3%)	120 (10%)	\$ 72.6 (6.6%)
Aparatos, instrumentos o aire acondicionado.	2,200 (3.5%)	2 (1.9%)	50 (4.1%)	\$ 74.4 (6.8%)
Niños jugando.	2,100 (3.4%)	4 (5.5%)	30 (2.4%)	\$ 8.9 (0.8%)
Materiales combustibles.	2,100 (3.3%)	5 (6.0%)	30 (2.3%)	\$ 18.2 (1.7%)
Otras fuentes de calor.	1,700 (2.8%)	8 (10.2%)	40 (3.0%)	\$ 19.4 (1.8%)
Equipo de cocina.	1,200 (1.9%)	2 (2.0%)	20 (1.8%)	\$ 21.0 (1.9%)
Total.	62,100 (100.0%)	78 (100.0%)	1,240 (100.0%)	\$ 1,100.8 (100.0%)

En la tabla 1.4 y 1.5 se puede observar que el educar a la gente es un factor importante para evitar los accidentes y los grandes desastres, ya que la gente que fuma lo hace en lugares que no se debe, ya que existen condiciones de flamabilidad, y ésto muchas veces no les interesa, o bien dejan la colilla del cigarro encendida y ésta al tener contacto con materiales combustibles o líquidos flamables pueden hacer ignición y así inicia un incendio. También es importante el tener la tecnología (instrumentación) suficiente en el proceso, para tener mejor control de las variables (P,T,V) de éste y poder controlarlo aún más, evitando que los equipos salgan de sus condiciones de operación, como un reactor, un horno, calderas, etc. y de ésta manera queden fuera de control, provocando accidentes que pueden desembocar en incendios o explosiones. Todo ésto es importante principalmente para la seguridad de la gente, de las empresas que están alrededor, y para la economía, ya que un incendio como ya lo hemos visto provoca cuantiosas pérdidas humanas, materiales y monetarias.

Según estadísticas de la National Fire Protection Association (NFPA), los datos reportados en la última década, el 90% de todos los incendios industriales son causados por 11 fuentes de ignición principalmente, y éstas se muestran en la tabla 1.6.

Fuente.	Porcentaje.
Incendios eléctricos.	19 %
Fricción.	14 %
Chispas mecánicas.	12 %
Por fumar y cerillos.	10 %
Ignición espontánea.	8 %
Superficies calientes.	7 %
Chispas de combustión.	6 %
Flama abierta.	5 %
Corte y soldadura.	4 %
Materiales recalentados.	3 %
Eléctricidad estática.	2 %

La protección contra incendios es una combinación de prevención, control y extinción. La prevención es enseñada para hacer saber a la gente las causas de los incendios de manera que puedan prevenirlo, el control se enseña para minimizar la propagación del fuego y reducir el daño provocado por el fuego (algunos incendios se combaten mejor permitiendo que el combustible arda bajo control hasta que la fuente se haya consumido); y la extinción se enseña de manera que los incendios puedan ser combatidos rápida, hábil y efectivamente. Es importante aclarar que cada incendio se comporta de forma diferente, por lo tanto no puede haber una sistematización para el ataque de éste. Es más conveniente capacitar a la gente y que conozca el equipo necesario y las fuentes de ignición que se encuentran en la industria en la que se encuentran, y de ésta manera saber que hacer y que tácticas tomar cuando éste ocurra.

## CAPITULO 2

### *"CLASIFICACION DE RIESGOS Y EVALUACION DE PELIGROS".*

## 2.1 CLASIFICACION DE RIESGOS.

En la gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal del día 27 de enero de 1992, en el tomo I No. 139 se definen los tipos de riesgos y se da la clasificación de éstos. Según el análisis para determinar los riesgos correspondientes y de acuerdo con el Artículo 117 del Reglamento se agrupan de la siguiente manera:

1. De riesgo menor.
2. De riesgo mayor.

Las vigencias de las inspecciones que correspondan a éstas subclasificaciones serán:

- Riesgo Menor.- Serán de la y única vez. Con un programa de reinspección selectiva cada 2 años.
- Riesgo Mayor.- La vigencia de la inspección será anual obligatoria.

El criterio para determinar el grado de incendio estará definido de acuerdo a la siguiente tabla:

- Riesgo Menor de 1111 a 2232.
- Riesgo Mayor de 2233 a 6455.

Los dígitos que forman las cifras arriba enlistadas obedecen a factores determinantes para la posibilidad de un incendio, y son:

El primer dígito indica la combustibilidad de acuerdo a los materiales que se manejan:

1. Incombustible.
2. De combustión lenta.
3. De combustión moderada.
4. Combustibles normales.
5. Intensamente combustibles.
6. Explosivos.

El segundo dígito indica la concentración de material en volumen y peso por área:

1. Concentración de 1 a 100 (Bajo).
2. Concentración de 100 a 500 (Medio).
3. Concentración de 500 a 5000 (Alto).
4. Concentración de más de 5000 (Extra).

La concentración se mide se mide en litros o kilogramo de material flamable por metro cuadrado con que cuentan los locales.

El tercer dígito indica la posibilidad de reunión entre fuentes de calor suficientes para iniciar un fuego y las sustancias o materiales combustibles que se manejen en los locales de las edificaciones:

1. No existe: Es cuando no hay posibilidad de contacto entre combustibles y fuentes de calor.
2. Leve: Cuando hay posibilidad de reunir combustibles con fuentes de calor aunque sea muy remota.
3. Mediano: Cuando se manejan Fuentes de calor normalmente.
4. Grandes: Cuando se manejan grandes cantidades de fuentes de calor.
5. Extraordinario: Cuando hay exceso de número y magnitud de fuentes de calor.

El cuarto dígito nos indica la toxicidad y el grado de daño que pueden causar a la salud los vapores que se desprenden de los materiales que se manejan aún sin haber llegado a producir un incendio:

1. Inofensivo: Son materiales que no producen daños temporales ni permanentes.
2. Irritante: Son materiales que producen molestias temporales como ardor en los ojos o piel.
3. Tóxico Bajo: Son materiales que producen daños permanentes o temporales sin llegar a producir la muerte, excepto en casos de exposición prolongada.
4. Alta Toxicidad: Producen lesiones letales, aún en caso de exposición ligera.
5. Radiactivo: Produce lesiones permanentes aún cuando no aparecen inmediatamente.

## 2.2 CLASIFICACION DE FUEGOS.

En el sistema usado para la clasificación de fuegos va en función de la naturaleza del combustible que se involucra en éstos, los cuales de acuerdo a éste criterio se clasifican en cuatro tipos básicamente, éstas clases de fuego se denominan con las letras "A", "B", "C" y "D".

**Clase A:** Fuegos de Materiales sólidos generalmente de naturaleza orgánica, tales como, trapos, viruta, papel, madera, basura y, en general de materiales sólidos que al quemarse se agrietan, producen cenizas y brasas, comúnmente conocidos como fuegos sordos.

**Clase B:** Son aquellos que se producen en la mezcla de un gas (butano, propano, etc.) con el aire y flama abierta o bien del mismo modo de los antes dichos con la mezcla de los vapores que desprenden los líquidos inflamables (gasolina, aceite, grasas, solventes, etc.) como el caso del gas.

**Clase C:** Son aquellos que ocurren en sistemas y equipos eléctricos "vivos".

**Clase D:** Son aquellos que se presentan en cierto tipo de materiales combustibles (magnesio, titanio, sodio, litio, potasio, aluminio o zinc en polvo, etc.).

Cabe mencionar, que la mayoría de los incendios no se dan en una sola clase, ya que por lo regular es una combinación de las tres primeras clasificaciones (A, B, C) debiendo tenerlas siempre en mente, para emplear el agente extinguidor adecuado, ya que en el mercado existen varios tipos de extintores, de contenidos y capacidades diferentes que manifiestan en la etiqueta correspondiente, la clase de fuego en los que los pueden emplear.

Los fuegos con clasificación "D", son poco usuales que se den, sin embargo, en éste tipo sus contenidos son especiales para cada caso particular, estos extintores por lo regular son portátiles y móviles debido a su capacidad de contenido, obteniendo mayor maniobrabilidad en su uso y volumen de agente extintor. Los equipos de extinción de incendio portátiles manuales, son los extintores cuyo contenido está en relación con las clases de fuego.

## 2.3 CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS.

### 2.3.1. Area clase I.

Son aquéllas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

#### 2.3.1.1 División I de la clase I.

Esta norma aplica solamente a las áreas clase I, dentro de la cual se reconocen dos divisiones:

#### 2.3.1.2 Area Clase I. División Ia :

Es el área en el cual puede existir continuamente bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.

#### 2.3.1.3 Area Clase I. División Ib :

1. Existen intermitentemente o periódicamente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, en condiciones normales de operación.
2. Pueden existir frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debidos a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
3. Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o de los procesos que pueda provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

#### 2.3.1.4 Area Clase I. División 2 :

Son lugares en donde :

- ♦ Se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de los recipientes o sistemas, o en caso del funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores.
- ♦ Una adecuada ventilación de presión positiva impide normalmente la concentración de gases o vapores inflamables, pero que pueden convertirse en peligrosos por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.
- ♦ Esten contiguos a los de la Clase I, división 1, a los cuales puedan llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores inflamables, a menos que puedan evitarse tal comunicación, por medio de un sistema de ventilación adecuada de presión positiva de una fuente de aire limpio y se proporcionen dispositivos seguros contra fallas del sistema de ventilación.

#### 2.3.2. Area clase II.

Son aquellas que son peligrosas debido a la presencia de polvos combustibles.

#### 2.3.3. Area clase III.

Son aquellas que son peligrosas por la presencia de fibras o pelusas fácilmente inflamables, pero en los que no es probable que dichas fibras o pelusas estén suspendidas en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables.

#### 2.4. AREAS NO PELIGROSAS.

En las instalaciones de Petroleos Mexicanos existen áreas en que la liberación de sustancias inflamables ocurre tan raramente en algunas operaciones y equipos, que no justifica considerar como áreas peligrosas a sus alrededores, por lo que deben considerarse como áreas no peligrosas las siguientes:

1. Areas libremente ventiladas en las que se tengan las sustancias inflamables dentro de sistemas cerrados de tubería que estén formados únicamente por los tubos, conexiones, bridas, medidores y válvulas (excepto los de control y operación eléctricos, que deben ser de tipo a prueba de explosión); siempre y cuando se les proporcione un mantenimiento adecuado.
2. Areas con ventilación restringida, en las que los sistemas de tubería para las sustancias inflamables no contengan válvulas, conexiones, bridas ni otros accesorios.
3. Areas de almacenamiento de gases licuados o comprimidos, o líquidos inflamables en recipientes sellados, o adecuados a lo establecido por el Departamento de Transportación Norteamericano (DOT), siempre que tales recipientes no estén expuestos a otras condiciones peligrosas.
4. Areas donde existen permanentemente fuentes de ignición, tales como calentadores de fuego directo, quemadores, etc., siempre y cuando su localización esté de acuerdo con lo establecido en esta norma.
5. Area libremente ventilada:  
Se considera como área libremente ventilada a cualquier edificio, cuarto o espacio a la intemperie, que no presente obstrucciones a la circulación natural del aire a través de él, vertical u horizontalmente. Estas áreas pueden estar techadas, cerradas en uno de sus lados, o tener paredes parciales que no lleguen al piso.

## 2.4. AREAS NO PELIGROSAS.

En las instalaciones de Petroleos Mexicanos existen áreas en que la liberación de sustancias inflamables ocurre tan raramente en algunas operaciones y equipos, que no justifica considerar como áreas peligrosas a sus alrededores, por lo que deben considerarse como áreas no peligrosas las siguientes:

1. Areas libremente ventiladas en las que se tengan las sustancias inflamables dentro de sistemas cerrados de tubería que estén formados únicamente por los tubos, conexiones, bridas, medidores y válvulas (excepto los de control y operación eléctricos, que deben ser de tipo a prueba de explosión); siempre y cuando se les proporcione un mantenimiento adecuado.
2. Areas con ventilación restringida, en las que los sistemas de tubería para las sustancias inflamables no contengan válvulas, conexiones, bridas ni otros accesorios.
3. Areas de almacenamiento de gases licuados o comprimidos, o líquidos inflamables en recipientes sellados, o adecuados a lo establecido por el Departamento de Transportación Norteamericano (DOT), siempre que tales recipientes no estén expuestos a otras condiciones peligrosas.
4. Areas donde existen permanentemente fuentes de ignición, tales como calentadores de fuego directo, quemadores, etc., siempre y cuando su localización esté de acuerdo con lo establecido en esta norma.
5. Area libremente ventilada:  
Se considera como área libremente ventilada a cualquier edificio, cuarto o espacio a la intemperie, que no presente obstrucciones a la circulación natural del aire a través de él, vertical u horizontalmente. Estas áreas pueden estar techadas, cerradas en uno de sus lados, o tener paredes parciales que no lleguen al piso.

## 2.5. CLASIFICACIÓN DE GASES Y VAPORES POR SU GRADO DE PELIGROSIDAD.

Para la selección de equipo eléctrico, se debe tomar en cuenta la contaminación del aire que le rodea, cuando se formen o se puedan formar mezclas atmosféricas con gases, vapores o polvos, cuya peligrosidad depende específicamente de cada uno de los contaminantes.

### 2.5.1. Condiciones de Incendio o Explosión.

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

- Debe estar mezclado con aire en proporciones que produzcan una mezcla inflamable y además exista una concentración suficiente de esa mezcla que produzca una atmósfera inflamable alrededor de la instalación eléctrica.
- El equipo o instalación eléctrica trabaje a un nivel de energía suficiente para encender la mezcla.
- Para evitar que el equipo o instalaciones eléctricas constituyan posibles fuentes de ignición de mezclas explosivas, las partes que produzcan chispas, arcos o altas temperaturas, no deben tener contacto con éstas, instalándolas fuera de las áreas peligrosas, cuando el proceso lo permita.

## 2.6. FACTORES DE GRADO DE PELIGRO.

El grado de peligrosidad de las mezclas explosivas depende de: la concentración de gases o vapores inflamables o explosivos. Su densidad en relación con la del aire, su temperatura de ignición y su temperatura de evaporación por lo que se hace necesario tomar en cuenta la naturaleza de dichas sustancias, al diseñar las instalaciones eléctricas y seleccionar el equipo.

## 2.7. GRUPOS DE ATMOSFERAS PELIGROSAS.

Para propósitos de prueba, aprobación y clasificación de áreas, del equipo eléctrico, varias mezclas (no enriquecidas con oxígeno) han sido agrupadas en base a sus características, con las siguientes designaciones.

- ♦ **Atmósferas grupos A, B, C y D** que corresponden a lugares clase I.
  - ♦ **Atmósferas grupos E y G** que corresponden a lugares clase II.
1. **Grupo A:** Atmósferas que contienen acetileno.
  2. **Grupo B:** Atmósferas tales como butadieno\*, óxido de etileno\*\*, óxido de propileno\*\*, o hidrógeno (o gases o vapores equivalentes en peligrosidad al hidrógeno).
    - ♦ \* : Los dispositivos eléctricos del grupo D, pueden ser usados en esta atmósfera si tales dispositivos están aislados con sellos en toda la tubería conduit de 13 mm (1/2 pulg) de diámetro o mayor.
    - ♦ \*\* : Los dispositivos eléctricos del grupo C, pueden ser usados en este grupo atmosférico si los dispositivos eléctricos están aislados con sellos en todos los tubos conduit de 13 mm (1/2 pulg) de diámetros mayores.
  3. **Grupo C:** Atmósferas tales como ciclopropano, éter etílico o gases o vapores de peligrosidad equivalente.
  4. **Grupo D:** Atmósferas tales como acetona, alcohol, amoníaco, benceno, benzol, butano, gasolina, hexano, petróleo nafta, gas natural, propano, vapores de barniz solvente o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

## 2.8. IDENTIFICACION DE PELIGRO.

El aumento del uso de una amplia variedad de químicos, muchos de los cuales traen consigo otros problemas aparte de la flamabilidad, permiten emplear un sistema simple de identificación de peligro.

El propósito de cada sistema debe ser para salvaguardar las vidas de aquellos individuos quienes pueden tener algo que ver con incendios en una planta química o lugar de almacenamiento. El trabajo preliminar en éste problema fué iniciado en 1952 por el Comité Seccional en Clasificación, respecto a etiquetas, señalamientos y propiedades de los líquidos flamables de la NFPA. Los responsables en desarrollar un sistema de identificación subsecuente fué un nuevo comité de Peligros de Fuegos de Materiales, y en 1961 un Sistema recomendado para la identificación de fuegos peligrosos de materiales y se encuentra en la NFPA 704-M.

Este sistema recomendado da simplemente marcas legibles, fáciles de identificar y de entender; las cuales a primera vista les dará una idea de la peligrosidad inherente de cualquier material y el grado de peligrosidad en el grado de prevención explosividad y control. Sus objetivos son el dar una señal de alerta apropiada y la información necesaria para salvaguardar las vidas del personal público como privado durante una emergencia como un incendio. También ayudará en la planeación de operaciones para un ataque efectivo a un incendio y puede ser utilizado por los ingenieros de diseño de plantas y en la protección a la planta y en la seguridad del personal.



Este sistema se identifica en una forma de diamante dividida en cuatro secciones, y cada una de ellas tendrá un color diferente que le corresponde a cada categoría diferente.

En el diagrama se identifica en las diferentes categorías que son: Salud, Flamabilidad y Reactividad (inestabilidad y reactividad en agua), de una substancia química e indica el orden de severidad de cada una de estas categorías por medio de 5 divisiones enumeradas del número 4 que indica el mayor riesgo o peligro hasta

el cero que indica un daño no especial.

En el diagrama el riesgo de salud es identificado a la izquierda de color azul, la flamabilidad en la parte superior de color rojo y la reactividad a la derecha de color amarillo. El espacio de abajo es primeramente usado para identificar la reactividad inusual con agua; una W con una línea atravesada en el centro  $\text{W}$  alerta al personal de fuego peligroso para el posible riesgo en uso de agua. Este espacio de abajo puede ser usado también para identificar un riesgo de radiación por el símbolo. Químicos oxidantes son identificados en el espacio de abajo por OXY.

Los párrafos siguientes sintetizan por números las categorías de cada peligro y explican lo que cada número indica en la identificación de riesgo para cada peligro personal y donde pueden existir.

#### 2.8.1 Salud.

4. Un pequeño respiro de gas o vapor puede causar la muerte, o el gas, vapor o líquido puede ser fatal en una penetración en caso de fuego, toda la protección de ropa diseñada para resistir el calor. Para otros químicos que tienen el rango de 4, toda la protección de vestimenta viable y común del departamento contra incendios no proporciona una adecuada protección al contacto con la piel de estos materiales. Sólo la protección especial de vestimenta diseñada para protección de éste peligro específico debe ser usado.

3. Materiales extremadamente peligrosos para la salud, se puede entrar a éstas áreas con extremo cuidado. Toda la protección de vestimenta, incluyendo aparatos respiratorios, guantes de goma, botas y bandas alrededor del brazo, piernas y cintura. No debe exponerse la piel a éstos materiales.

2. Materiales peligrosos para la salud, pero las áreas pueden estar libres, con el mismo contenido; deben utilizarse aparatos respiratorios.

1. Materiales ligeramente peligrosos para la salud. Estos pueden ser usados con la ropa común pero deben usarse aparatos respiratorios.

0. Materiales con una exposición bajo condiciones de fuego no son de riesgo, no presentan peligro a la salud más allá que de los ordinarios de los materiales combustibles.

### 2.8.2. Flamabilidad.

4. Gases muy flamables, líquidos volátiles muy flamables y materiales que en forma de polvo o vapor forman mezclas explosivas cuando se dispersan en aire. Cortar flujo de gas o líquido y la substancia de corrientes de agua de enfriamiento en tanques expuestos o contenedores. Usar agua espreada cuidadosamente en la vecindad del polvo para no provocar nubes de polvo.

3. Líquidos que pueden encenderse bajo casi todas las condiciones normales de temperatura. El agua puede ser no efectiva en éstos líquidos porue son de bajo flash point. Sólidos en forma de polvo, sólidos fragmentados o formas fibrosas que crean flash de fuego, sólidos que se queman rápidamente, usualmente porque esos contienen oxígeno, y cualquier material que se enciendan espontáneamente a temperaturas normales en aire libre.

2. Líquidos que puedan calentarse antes de encenderse, y sólidos que realmente tienen vapor de flama. Agua espreada puede ser usada para extinguir el fuego, ya que el material puede ser enfriado por debajo de su flash point.

1. Materiales que pueden calentarse antes de que se quemen. El agua puede causar espumación de líquidos, con éste rango de flamabilidad, si éste se pone en la superficie del líquido y se hace vapor. Siempre que se esprece agua, aplicarla cuidadosamente en la superficie del agua, ya que causará espumación extinguiendose el fuego. La mayoría de los sólidos combustibles tienen un rango de flamabilidad de 1.

0. Materiales no peligrosos.

### 2.8.3. Reactividad.

4. Materiales que por sí mismos son realmente capaces de detonar, o de descomposición explosiva, o reacción explosiva a temperaturas y presiones normales. Incluye materiales que son sensibles para mecánicos o localizan movimientos térmicos. Si un químico con éste peligro se localiza en un incendio, el área debe ser evacuada.

3. Materiales que por sí mismos son capaces de detonar o, de descomposición explosiva, o reacción explosiva pero que requiere de una fuerte fuente de iniciación. Incluye materiales que son sensibles a temperaturas o movimientos mecánicos, a elevadas presiones y temperaturas, o aquellos que reaccionan explosivamente con el agua sin requerir calor o confinamiento. La lucha contra incendio debe hacerse desde una localidad resistente a explosiones.

2. Materiales peligrosos por sí mismos no pueden detonar, pero necesitan de una fuente de iniciación en las áreas pueden estar libres, con el mismo contenido, no reaccionan con el agua, la lucha contra incendios puede hacerse con protección especial.

1. Materiales ligeramente peligrosos, necesitan una gran fuente de iniciación, no reaccionan con el agua, la lucha contra incendios puede hacerse al aire libre con protección.

0. Materiales con una exposición baja en condiciones de fuego no son de riesgo, no presentan peligro.

## 2.9. CLASIFICACION BASICA DE LIQUIDOS FLAMABLES Y COMBUSTIBLES.

Una de las partes más importantes en el diseño de redes contra incendio es la de conocer los diferentes tipos de sustancias que se encuentran en el proceso.

La clasificación de líquidos flamables y combustibles que nos presenta en el NFPA 321, nos indica la clasificación de estos en base al flash point de cada una de las sustancias y así conocer el riesgo que presentan estas.

Antes de presentar las clasificaciones de los líquidos flamables y combustibles es conveniente conocer diferentes definiciones de propiedades de los líquidos para evitar dudas o confusiones al respecto y así podremos continuar con las clasificaciones de los líquidos.

**Líquido Flamable:** Se refiere a cualquier líquido que tenga un flash point de 100°F (37.8°C) y tenga una presión de vapor que no exceda de 40  $\text{lb}/\text{in}^2$  absolutas (2068.6 mm) a 100°F (37.8°C).

**Líquido Combustible:** Se refiere a cualquier líquido que tenga un flash point por arriba de 100°F (37.8°C).

**Flash point:** se refiere a la temperatura mínima de un líquido a la cual es dado el suficiente vapor para formar una mezcla con el aire y tiene la capacidad de encenderse. El flash point de líquidos que tienen una viscosidad menor a 45 SUS a 100°F (37.8°C) y un flash point por debajo de 175°F (79.4°C), deberá ser determinado de acuerdo al método estandar de prueba para flash point por el ASTM D56-69. El flash point de líquidos que tengan una viscosidad de 45 SUS a más de 100°F (37.8°C) o un flash point de 175°F (79.4°C) o mayor deberán ser determinados de acuerdo con el método estandar para flash point por medio de Pensky-Martens, ASTM D93-69.

**Presión de vapor:** Se refiere a la presión que ejerce un líquido en su superficie para cambiar de estado líquido a vapor y se mide en  $\text{lb}/\text{in}^2$  absolutas de acuerdo a ASTM D323-58.

**Punto de ebullición:** Se refiere a la temperatura y presión dadas a la cual un líquido cambia de estado líquido a vapor y se mide de acuerdo a ASTM D86-62.

A partir de estas definiciones podremos clasificar los líquidos en diferentes clases, como a continuación se indica.

**Clase I :** Incluye a aquellos que tienen un flash point por debajo de 100°F (37.8°C) y debe ser subdividido como sigue:

**Clase IA :** Debe incluir aquellos que tengan flash point por debajo de 73°F (22.8°C) y tengan punto de ebullición de o por abajo de 100°F (37.8°C).

**Clase IB :** Debe incluir aquellos que tengan flash por abajo de 73°F (22.8°C) y teniendo un punto de ebullición por arriba de 100°F (37.8°C).

**Clase IC :** Deberán incluir a aquellos que tengan flash points de o por arriba de 73°F (22.8°C) y un punto de ebullición por abajo de 100°F (37.8°C).

**Clase II :** Deberán incluir a aquellos que tengan flash point de o por arriba de 100°F (37.8°C) y por abajo de 140°F (60°C); es necesario indicar que en esta clasificación no aplica a:

- Líquidos que no tengan flash points, deberán ser flamables bajo ciertas condiciones, como algunos hidrocarburos halogenados y mezclas que contengan fracciones de petróleo e hidrocarburos halogenados. Dentro del orden de evaluación de peligro o riesgo como en mezclas de líquidos, la prueba de evaporación fraccional pueden realizarse a temperatura ambiente dentro de recipientes abiertos. El resultado de las pruebas indican el grupo dentro del cual el líquido pertenece. Para las condiciones en sistemas abiertos, como lo es en tanques abiertos, el método de recipientes abiertos "open cup" podría dar indicaciones más acertadas acerca del peligro de flamabilidad.
- Niebla, spray o espumas.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

Clase III : Deberá incluir a aquellos que tengan flash points de o por arriba de 140°F (60°C) y pueden ser subdivididos como sigue:

Clase IIIA : Deberá incluir a aquellos que tengan un flash point de o por arriba de 140°F (60°C) y por abajo de 200°F (93.4°C).

Clase IIIB : Deberá incluir a aquellos que tengan un flash point de o por arriba de 200°F (93.4°C).

## 2.10. CLASIFICACION DE GASES, LIQUIDOS Y VAPORES INFLAMABLES.

### 2.10.1. Gases más Ligeros que el Aire.

Los gases más ligeros que el aire, desde un orificio, frecuentemente se disipan rápido, debido a su baja densidad relativa y no afecta usualmente una área tan extensa como la que abarcan los vapores de líquidos inflamables o más pesados que el aire. Excepto en lugares cerrados, donde los gases más ligeros que el aire produzcan mezclas inflamables en zonas cercanas a instalaciones eléctricas. Se considerarán como gases o vapores más ligeros que el aire únicamente aquellos cuya densidad sea menor del 75% de la densidad del aire, bajo condiciones normales. Los gases o vapores que tengan una densidad mayor de este vapor, deben considerarse como productos más pesados que el aire.

### 2.10.2. Líquidos Inflamables.

Se consideran líquidos inflamables aquellos que tengan una temperatura de ignición menor de 37.8°C (100°F), bajo una presión absoluta de vapor que no exceda de 2.81 (2.068 mmHg) (40 ) a 37.8°C (100°F), los cuales deben ser conocidos como líquidos tipo I.

Los líquidos tipo I se subdividen como sigue:

- Tipo IA: Los que tienen temperatura de ignición menor de 23°C (73°F) y temperatura de ebullición menor de 37.8°C (100°F).
- Tipo IB: Los que tienen temperatura de ignición menor de 23°C (73°F) y temperatura de ebullición de 37.8°C (100°F) o mayor.
- Tipo IC: Los que tienen temperatura de ignición de 23°C (73°F) o mayor, pero un punto de ebullición menor a 37.8°C (100°F).

NOTA: Los líquidos de tipo I, deben ser almacenados en recipientes cerrados, entanques instalados sobre el tipo en el exterior de los edificios, o en tanques subterráneos.

Los líquidos del tipo I no deben ser cargados en recipientes individuales, a menos que se encuentren eléctricamente interconectados la boquilla de llenado y el recipiente.

Los líquidos del tipo I, no deben transvasarse donde los vapores inflamables puedan llegar a una fuente de ignición. Debe prohibirse fumar y encender fuego, por medio de letreros perfectamente visibles, colocados de modo estratégico en los lugares peligrosos, donde habitualmente existan vapores de líquidos inflamables.

### 2.10.3. Líquidos Combustibles.

Se consideran líquidos combustibles aquellos que tengan una temperatura de ignición de 37.8°C (100°F) o mayor.

Los líquidos combustibles se subdividen como sigue:

- Tipo II: Los que tienen temperatura de ignición de 37.8°C (100°F) o mayor pero menor de 60°C (140°F).
- Tipo III A : Líquidos con temperatura de ignición de 60°C (140°F) o mayor pero menor de 93°C (200°F).
- Tipo III B : Líquidos con temperatura de ignición de 93°C (200°F) o mayor.

NOTA : Los líquidos del tipo II deben almacenarse en recipientes cerrados, en tanques; instalados en el exterior de los edificios, sobre el piso en el exterior de éstos, o en tanques subterráneos.

#### **2.10.4. Cuartos de Almacenamiento y Manejo de Líquidos Inflamables.**

Los cuartos destinados para almacenar y manejar líquidos combustibles o inflamables, por medio de bombas, deben contar con medios adecuados de salida, para evitar que las personas queden atrapadas en el interior, en caso de incendio.

# CAPITULO 3

## *"SISTEMAS DE EXTINCION."*

### 3.0 METODOS DE EXTINCION.

Los métodos de extinción recomendados para líquidos inflamables dependerá de la sustancia inflamable a la cual se quiera extinguir del fuego; esto es debido a que existen sustancias con un agente de extinción que puede reaccionar violentamente o puede provocar mezclas explosivas.

El dióxido de carbono como químico seco, espuma, líquido vaporizante (normalmente agua) o el más común que es el agua.

En éste último es en el que nos enfocaremos, ya que este trabajo como se menciona en el título de tema, se trata en el estudio de redes de agua contra incendio, pero creo que es importante mencionar que existen otros métodos para extinguir fuego, y que además el agua tiene sus limitantes en algunas sustancias, por lo que se estudiarán los demás métodos superficialmente.

De los tres primeros agentes de extinción mencionados anteriormente se han encontrado resultados favorables para utilizarlos en fuegos de líquidos inflamables de tamaño moderado, así como en tanques o en derrames de líquidos.

También existen otros métodos que no los hemos mencionado pero, que son también muy efectivos como son:

**Niebla (agua atomizada):** Es particularmente efectiva en fuegos de líquidos volátiles inflamables y sólidos volátiles que tengan un punto de flash por arriba de 100°F, pero con líquidos que tengan puntos de flash por arriba de los 212°F, puede ocurrir burbujeo.

**Aspersores:** Los aspersores automáticos son similares al agua esparcida en efectividad de extinción. Su característica principal radica de cualquier modo en absorber calor y mantener los alrededores fríos hasta que el líquido inflamable arda, o se llegue a extinguir por medio de otro método, este método tienen estadísticas favorables en el control de fuego, en garages, cuartos con pinturas y aceites y en áreas de almacenamiento, donde los líquidos inflamables son bastantes y se encuentran en contenedores muy cercanos y el agua del esparcedor o aspersor mantiene fríos los contenedores, éste tipo se detalla más adelante ya que es muy importante su uso también en edificios, y pueden formar parte de la red contra incendios.

La selección de un sistema de extinción debe hacerse con cuidado ya que hay factores que deben ser considerados dentro de un problema individual de extinción, el cual puede afectar la opción del agente extintor y su método de aplicación.

Los flujos de fuegos o incendios, pueden ser causados por un derrame, de sobrellenado de una pipa con el líquido en el suelo aún ardiendo, son difíciles de extinguir. La cantidad, el rango y el método de aplicación del material para extinguir en relación con el tamaño y tipo de fuego debe ser considerado cuidadosamente en forma anticipada, y ser tratado desde el punto de vista ingenieril, particularmente en aplicaciones de gran escala y diseñarse en las condiciones más críticas que puedan ocurrir.

Las propiedades físicas y químicas de sustancias inflamables afectarán la elección del método de extinción, por ejemplo, la espuma común, podría no ser adecuada en incendios que sean con líquidos inflamables solubles en agua. Estas propiedades afectan la capacidad de extinguir y deben tomarse en consideración cuando se está preparando el informe de materiales para la tabla de métodos de extinción.

El agua puede ser ineficaz en la lucha de incendios, cuando la sustancia inflamable tenga un flash point bajo, entre más bajo sea el flash point menos efectiva será el agua. De cualquier modo, el agua puede ser utilizada en estos casos cuando se aplique en forma espreada para absorber mucho del calor liberado, y mantener el material de tal manera que no se dañe con el fuego.

Mucha de la efectividad de utilizar agua espreada radica particularmente en la que proviene de mangueras, está dependerá del método de aplicación. Con las boquillas adecuadas, los fuegos provocados por derrames de gasolina pueden ser extinguidos cuando son utilizadas líneas de mangueras que barran las flamas de la superficie del líquido.

El agua también ha sido utilizada para extinguir fuegos de líquidos inflamables por medio de enfriamiento, dilución y mezclando el líquido inflamable con agua.

Cuando se dice que el agua puede ser ineficiente, se refiere a que sirve para enfriar o mantener a salvo materiales, para que no los consuma el fuego, pero en sí el agua no extingue el fuego a pesar de ser utilizada bajo condiciones favorables.

El agua puede causar espumación, cuando se aplica en líquidos inflamables que tienen puntos de flasheo por arriba de los 212°F o del punto de ebullición del agua. Esta aclaración es importante incluirla solamente como precaución, y no indica que el agua o espuma no debe o puede ser utilizada para combatir fuegos en algunos líquidos. La espumación que se provoca puede ser un poco violenta y podría poner en peligro la vida del bombero, particularmente cuando las corrientes sólidas son dirigidas al fuego.

Por otra parte, el utilizar agua espreada cuidadosamente ha sido exitoso en la extinción de fuegos, logrando que la espumación ocurra solamente en la superficie y esta acción interfiere en la combustión y extingue el fuego. De hecho para esta consideración no solamente se toman a los líquidos con puntos de flasheo de o por arriba a los 212°F, también cualquier líquido viscoso; por ejemplo, ciertos asfaltos tienen una pequeña cantidad de solvente de punto de flasheo bajo, que se le agrega para que pueda fluir mejor, pero debido a la viscosidad la acción de espumamiento puede ocurrir.

El agua puede ser utilizada para interferir el fuego y como extintor adjunto cuando el líquido inflamable tiene una gravedad específica de 1.1 o mayor, y no es soluble en agua. Aquí otra vez de cualquier modo el método de aplicación de agua resulta significativo tomando en cuenta que el agua debe ser aplicada cuidadosamente a la superficie del líquido.

Otra de las ventajas que representa el uso del agua y quizás la más importante es que se puede tener acceso sin problemas debido a su gran abundancia por lo que el costo de ésta es muy bajo, aparte de que es uno de los líquidos que tiene la capacidad de absorber gran cantidad de calor, siendo así el agente de extinción más común.

### 3.1 PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA.

Las propiedades físicas que dan al agua como un excelente agente de extinción son:

1. La temperatura ordinaria del agua es grande además de ser un líquido relativamente estable.
2. El punto de fusión del agua congelada (hielo) a 1 lb(0.45 kg) dentro de agua a 32°F (0°C), absorbe 143.4 BTU (151.3 kJ) con el calor de fusión del hielo.
3. Un BTU es necesario para elevar la temperatura de 1lb de agua 1°F, el cual es el calor específico del agua. Por lo tanto, elevando la temperatura de 1lb de agua desde 32°F a 212°F requiere 180 BTU. ( en sistema internacional, la capacidad del calor específico del agua es de 4.186 kJ/kg°K).
4. El calor latente de vaporización del agua, por ejemplo, para convertir 1 lb (0.45 kg) de agua a vapor a temperatura constante es 970.3 BTU/lb (2254.8 kJ/kg) a presión atmosférica.
5. Cuando el agua es convertida de líquido a vapor, éste volumen a temperatura atmosférica se incrementa alrededor de 1600 veces. Este gran volumen (vapor saturado) remueve en igual volumen del aire circundante al fuego, éste reduce el volumen de aire (oxígeno) disponible para la combustión.

Otro factor que afecta éste método, es que el agua con éstas condiciones, no está realmente a disposición con todas éstas características, el agua aplicada en forma de hielo o de nieve puede suministrar un mejor efecto de enfriamiento que el agua líquida, porque la energía del fuego, para primero convertir el hielo en agua de nieve consume 143.4 BTU/lb (333.2 kJ/kg), y la energía necesaria para convertir el agua a vapor sería de 970.3 BTU/lb (2254.8 kJ/kg).

Un incendio puede extinguirse sólo si el agente extintor es aplicado efectivamente en el punto donde está ocurriendo la combustión. Por cientos de años, el método principal de extinción era el aplicar una corriente de agua en la base principal del fuego, el cual es muy poco usado en nuestros tiempos. Un método más eficiente es el aplicar el agua en forma de spray, el cual incrementa el efecto de enfriamiento y convierte el agua en vapor.

Otra de las propiedades del agua que hay que tener en consideración cuando se este extinguiendo un incendio, es la conductividad del agua, ya que en la mayoría de los procesos ( y más en los actuales) ésta es ocupada, en el arranque de equipo, como motores, en la luz electrica, en cuartos de cómputo, etc., y puede ser de gran peligro para la gente que combate el incendio, ya que puede ocurrir un corto circuito y éste provoque una explosión u otro incendio.

El agua en estado natural contiene impurezas (sales) que le dan a ésta, conductividad. Si el agua es aplicada en fuegos que envuelven equipo eléctrico, un circuito continuo poderoso se formará el cuál puede regresar y causar una sacudida eléctrica, en especial si ésta tiene grandes voltajes o potenciales. Agentes de extinción de espuma son muy conductores. La cantidad de corriente, el intervalo del voltaje, determinarán el shock eléctrico. Las variables principales, asumiendo contacto con la carga eléctrica viva, son:

1. El voltaje y la cantidad del flujo de corriente .
2. La estática de las corrientes como resultado del diseño de las boquillas, las presiones usadas y las condiciones de viento. La estática tiene influencias de conductividad de la corriente porque los espacios de aire formados entre goteo interrumpen la trayectoria eléctrica a la tierra.
3. El agua purificada y la resistividad relativa del agua.
4. La longitud y la sección transversal de las corrientes de agua.
5. La resistencia de la tierra directamente al cuerpo de las personas como influencia por la localización (teniendo o no la tierra mojada), la humedad de la piel, la cantidad de corriente que el cuerpo resiste, el tiempo de exposición a la corriente, y otros factores como son los trajes protectores.
6. La resistencia de la tierra directamente en la manguera.

Estos son algunos peligros en incendios directamente con las corrientes de agua en alambres de menos de 600 V a la tierra desde cualquier distancia que deben ser tomadas en condiciones de cualquier incendio.

El agua puede utilizarse de varias formas para extinguir incendios, los cuales son diferentes métodos que acontinuacion se mencionaran.

### 3.2 EXTINCIÓN POR ENFRIAMIENTO.

En muchos casos, si la superficie de un material peligroso es enfriado abajo de la temperatura a la cual éste emita una cantidad suficiente de vapor para que soporte una combustión, el fuego será extinguido. Este método de extinción por enfriamiento es usualmente inefectivo en productos gaseosos y líquidos inflamables que tienen un flash point, abajo de la temperatura a la cual es aplicada el agua. Generalmente el agua es poco recomendable el líquidos inflamables que tienen un flash point por debajo de los 100°F (37.8°C).

La cantidad de agua requerida para extinguir el fuego dependerá en que tan caliente es el fuego. Que tan rápido se extinga un incendio, dependerá de que tan rápida es aplicada el agua, cuánto de ésta es aplicada y de qué forma es aplicada. Esto es, entre se aplique de una manera eficiente el agua y en la mayor cantidad posible el calor será absorbido más rápidamente. El agua absorbe más calor cuando es convertida en vapor, y ésta es convertida más fácilmente cuando se aplica en forma de spray, que en forma de corriente líquida (o chorro de agua).

Una de las cosas importantes que hay que tomar en cuenta al aplicar éste método de extinción, es que, mucha de la información teórica no es disponible en los factores que afectan los rangos de calor de absorción o de vaporización de el agua espreada. Debido a que estos factores no pueden ser controlados cuidadosamente bajo las condiciones de fuego actuales. Estos no pueden ser usados para cálculos precisos en incendios.

El agua de enfriamiento espreada en un incendio debe concordar con los principios siguientes:

1. El intervalo de transferencia de calor es proporcional a la superficie del líquido expuesta. Para una cantidad dada de agua, la superficie es grandemente incrementada por conversión del agua espreada.
2. El intervalo de transferencia de calor dependerá en la diferencia de temperaturas entre el agua y el aire circundante de un material peligroso.
3. El intervalo de transferencia de calor también depende de la humedad del aire.
4. La capacidad de absorción de calor del agua dependerá de la distancia que ésta viaja y la velocidad a la cual se aplica a la fuente de calor y el incendio. (Este factor es el que indica el volumen necesario de agua para protección en un incendio).

Cuando el intervalo de calor de absorción del agua espreada es aproximado al rango de calor total liberado del fuego, éste será controlado.

Cuando el intervalo de calor de absorción de el agua espreada excede el intervalo de calor liberado de el fuego, éste será extinguido y el trabajo será concluido. Otros factores a considerar en el control y extinción de incendios, son la pérdidas de calor directas en brechas, en las paredes, en el techo y en el suelo.

Tamaño de gotas: El cálculo óptimo de el tamaño de gota está en el rango de 0.01 a 0.04 in. (0.3 a 1.0 mm), y el mejor resultado es obtenido cuando las gotas son regularmente uniformes en tamaño. El no tener dispositivo de descarga es posible que presente completamente un tamaño uniforme de rociado, aunque varias descargas con dispositivos para esprear agua que es regularmente uniforme en un intervalo amplio de presiones. El rociado debe ser formado cerca de la base de la flama o ser bastante grande para tener suficiente energía para alcanzar el punto de combustión a despecho de la resistencia del aire, la oposición de la fuerza de gravedad, cualquier corriente de aire, y la flama de fuego. Cuando el agua rociada es también pequeña, ésta puede ser deflectada por la flama, o evaporada antes de ser alcanzada la base de el fuego.

El mojar los materiales combustibles es un método antes empleado para prevenir la ignición de materiales no peligrosos (papel, madera, etc.). Si los combustibles absorben agua, esto alargará la ignición porque el agua se evapora y consume energía antes de que el material se quemara.

### 3.3 EXTINCIÓN POR SOFOCAMIENTO.

Cuando el agua es aplicada a un incendio y es generada bastante vapor, el aire puede ser desplazado o excluido. Fuegos en ciertos materiales pueden ser extinguidos por sofocamiento, el cual es rápido si el vapor generado puede ser confinado para la interfase flama/combustible, gases/combustible. Los procesos de absorción de calor son finalizados por vapor, cuando cuando el vapor comienza a condensarse, una carga la cual requiere liberación de calor desde el vapor. Cuando esto ocurre, se forman nubes visibles de vapor de agua. Cuando la condensación ocurre semejante, a lo antes dicho, esto no tiene efecto de enfriamiento en el material encendido. No obstante, el calor del vapor puede transportarse desde el fuego si este puede dispersarse por sí mismo en las nubes de vapor encima del fuego.

Fuegos en combustibles ordinarios son normalmente extinguidos por el efecto de enfriamiento de agua -no por el efecto de sofocamiento creado por la generación de vapor-. Aunque ésta fuerza suprime la flama, ésta usualmente no puede extinguir tales fuegos.

El agua puede ser usada para sofocar un incendio de un líquido inflamable cuando el líquido tiene un flash point arriba de 100°F (37.8°C), una gravedad específica de 1.1 o mayor, y no es soluble en agua. También puede llevarse a cabo más efectivamente, si una espuma concentrada es adicionada al agua, formando una solución espumosa. El agua debe ser aplicada cuidadosamente en la superficie del líquido.

En casos donde el oxígeno es producido cuando un material encendido se descompone, no es posible el sofocamiento por ningún agente.

### 3.4 EXTINCION POR EMULSIFICACION.

Una emulsión es formada cuando una mezcla de líquidos inmiscibles son agitadas y uno de los líquidos se dispersa en el otro. Extinguir por éste proceso puede ser llevado por aplicación de agua a ciertos líquidos viscosos y flamables, después el efecto de enfriamiento de la superficie de líquidos semejantes, previene la liberación de vapores flamables. Con algunos líquidos viscosos ( como lo son en algunos aceites), la emulsificación es una "espuma" la cual retarda la liberación de vapores flamables.

Debe tenerse precaución en líquidos que se encuentren en lugares profundos, porque el esparado puede provocar espumación del líquido encendido sobre las paredes del contenedor. Un esparado grueso de agua, relativamente fuerte, es normalmente usado para emulsificación. Hay que evitar un vapor de agua sólido, ya que causará una espumación violenta.

### 3.5 EXTINCION POR DILUCION.

Fuegos de materiales flamables solubles en agua pueden en algunas instancias, ser extinguidos por dilución. El porcentaje de dilución necesaria varia grandemente, como será el volumen de agua y el tiempo necesario para la extinción.

# CAPITULO 4

## *"SUMINISTRO DE AGUA".*

#### 4.1 FACTORES QUE AFECTAN EL SUMINISTRO DE AGUA.

En los sistemas públicos de suministro de agua implican un número substancial de servicios, por lo que deben de ser diseñados tomando en cuenta lo siguiente:

1. Para el suministro de agua en la demanda domestica normal como son la regadera, los sanitarios, para proceso y usos industriales.
2. Para suministrar al departamento contra incendios en hidrantes móviles de emergencia, hidrantes fijos, rociadores automáticos, sistemas de espuma y al sistema de tuberías.

La variedad de peligros encontrados en las comunidades y en las zonas industriales necesitan de un plan, en el cual debe ser considerado un desarrollo futuro cuando se evalúen los objetivos. En algunas ciudades las demandas de agua industriales pueden ser mayores. En algunas estaciones del año, las demandas de agua, por las condiciones de aire y la legislación, son factores que afectan los requerimientos de capacidad de los servicios al diseño del suministro de agua. Los sistemas de servicios públicos de agua para protección contra incendios no debe afectar los servicios antes mencionados, y las otras demandas deben determinarse para estimar éstos efectos en la capacidad del sistema.

Los sistemas públicos de agua también son confiables. De aquí los acontecimientos de fuego no deben afectar las demandas domésticas, los sistemas de agua deben ser diseñados para cumplir simultáneamente las demandas para ambos propósitos. En adición, parte del bombeo o de los sistema de distribución pueden estar fuera de los servicios esperados para abrir inmediatamente los sistemas contra incendio o para el mantenimiento de éste, como consecuencia de éstas interrupciones deben ser examinadas para aceptación cuando se evalúen confiablemente los sistemas.

Para determinar las demandas domésticas en los suministros públicos de agua, es necesario para enfocar las variaciones de consumo de agua con respecto al tiempo en años, los días y las semanas, y durante los días. Obviamente, cuanto más agua es usada en un sistema dado para consumo normal, menor será para protección contra incendio.

Las demandas de consumo normal son usualmente expresadas en los términos siguientes:

1. Demandas promedio diario, o la cantidad total de agua usada diaria durante un periodo de un año.
2. Las demandas máximas diarias, o la cantidad total máxima de agua usada durante cualquier periodo de 24 horas en un periodo de tres años. Una situación inusual que puede causar un uso excesivo de agua, como es el llenar un depósito limpio; ésto no debe ser considerado cuando se determinen los cálculos.
3. Demandas en las horas pico de la cantidad máxima de uso de agua en cualquier hora del día.

La demanda máxima diaria puede ser determinada como 1.5 veces el promedio diario de consumo si el máximo actual no es conocido. El intervalo de horas pico usualmente varía desde 2 a 4 veces el intervalo normal.

#### 4.2 REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LA LUCHA CONTRA INCENDIOS.

Los requerimientos en la lucha contra incendios incluye el intervalo de flujo, la presión residual requerida a cierto flujo, y la cantidad total requerida de agua. The American Water Works Association, define los requerimientos de flujo como "el intervalo de flujo de agua, a una presión residual de 20 psi, y para una duración específica que es necesaria para un control en un incendio mayor en una estructura". Esto quiere decir que en los requerimientos de agua como en cualquier diseño debe considerarse el desastre máximo, y así cubrir cualquier tipo de desastre aunque éste no sea el máximo.

Los intervalos requeridos de flujo para protección de accesorios como rociadores automáticos, se basa como lo indica la NFPA-13, NFPA-13R y NFPA 13D (ver anexo de bibliografía). Como también el flujo requerido para el sistema de rociadores, corrientes de mangueras y los requerimientos para equipo contra incendios manuales.

Los métodos usualmente usados para calcular los intervalos requeridos de flujo no incluyendo el sistema de rociadores son en base a:

- El método de la Insurance Services Office (ISO).
- El método de Iowa State University (ISU).
- El método de Illinois Institute of Technology Research Institute.

Los métodos antes mencionados son los más generales y los más usados en el diseño del suministro de agua en redes contra incendio, en éste trabajo hablaremos únicamente del método ISO, ya que es el más recomendado y usado para éstos cálculos.

Los flujos determinados por éste método son generalmente considerados como estimados buenos, y como resultado, el método ISO ha sido extendido en su uso. El método ISO considera construcción de edificios, y la comunicación entre éstos.

La fórmula básica en el método es:

$$NFF_i = (C_i)(O_i)(X + P)_i \quad \text{ecuación 4.1}$$

donde  $NFF_i$  es el flujo contra incendios necesitado en GPM (L/min),  $C_i$  es un factor de construcción que depende sobre la construcción de la estructura,  $O_i$  es un factor de ocupación que depende sobre la combustibilidad del material, y  $(X + P)_i$  es un factor de exposición que depende sobre la extensión de exposición desde las estructuras adyacentes.

Los subíndices en la fórmula indican que, las porciones de un edificio o estructura tienen diferentes características, un factor puede ser calculado para cada sección y multiplicadas por el porcentaje que representan de el área efectiva para obtener un factor representativo. El factor no debe ser menor al factor individual requerido para cualquier sección individual.

El factor de construcción se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$C_i = 18F\sqrt{A_i} \quad \text{ecuación 4.2}$$

donde:

F = es el coeficiente relacionado al tipo de construcción o estructura.

F = 1.5 para construcción clase 1 (estructuras de metal).

F = 1.0 para construcción clase 2 (estructuras de concreto).

F = 0.8 para construcción clase 3 (estructuras no combustibles).

F = 0.8 para construcción clase 4 (estructuras dealbañilería no combustibles)

F = 0.6 para construcción clase 5 (estructuras modificadas resistentes al fuego)

F = 0.6 para construcción clase 6 (estructuras resistentes al fuego).

A<sub>i</sub> = área efectiva de construcción.

El área efectiva de construcción es el área total en pies cuadrados a lo largo del piso:

Construcción clase 1 al 4 es el 50 por ciento de todo el piso.

Construcción clase 5 y 6 es el 25 por ciento del área no excediendo las 2 partes del piso cuando toda la abertura vertical tiene por lo menos un intervalo de 1 1/2 hrs. de protección, o el 50 por ciento del área no excede de 8 veces el piso cuando la abertura vertical no es protegida por lo menos durante 1 1/2 hr.

El factor de no debe ser menor de 500 GPM y no mayor de 8000 GPM para construcciones clase 1 y 2, y 6000 GPM para construcciones clase 3,4,5 y 6 o cualquier tipo de construcción.

El factor de ocupación O<sub>i</sub> refleja la combustibilidad del material en la necesidad de un flujo contra incendio, y es determinado por la clase de combustibilidad del material como se muestran en la tabla 4.1.

Clase de combustibilidad del material	Factor de Ocupación $O_i$ .
C-1 (no combustible)	0.75
C-2 (poco combustible)	0.85
C-3 (combustible)	1.00
C-4 (ignición a temperatura ambiente)	1.15
C-5 (rápida ignición)	1.25

Los factores de exposición y comunicación ( $X + P$ ), se determinan con la siguiente ecuación:

$$X_i = 1 + \sum_{i=1}^n X_i + P \quad \text{ecuación 4.3}$$

El factor de exposición  $X_i$ , refleja la necesidad de un mayor flujo de agua para reducir la exposición alrededor de la construcción o estructuras. Este depende de la distancia de separación, de las paredes de la construcción o estructura expuesta y el valor de longitud-distancia (que es la longitud de la pared expuesta en pies, multiplicada por la altura de la estructura. Los valores pueden ser obtenidos de la tabla 4.2).

**Tabla 4.2 Factor de Exposición  $X_i$ .**

Construcción de paredes de edificios	Distancia en pies de el edificio expuesto.	Longitud-altura de la pared expuesta de el edificio.	Clase de construcción del revestimiento de edificios de paredes expuestas.			
			1.3	2,4,5 y 6		
				Aberturas desprotegidas.	Aberturas semiprotegidas (con vidrios o aberturas exteriores).	Paredes vacías.
Armadura, Metal u estructuras abiertas.	0-10	1-100	0.22	0.21	0.16	0
		101-200	0.23	0.22	0.17	0
		201-300	0.24	0.23	0.18	0
		301-400	0.25	0.24	0.19	0
		más de 400	0.25	0.25	0.2	0
	11-30	1-100	0.17	0.15	0.11	0
		101-200	0.18	0.16	0.12	0
		201-300	0.19	0.18	0.14	0
		301-400	0.2	0.19	0.15	0
		más de 400	0.2	0.19	0.15	0
	31-60	1-100	0.12	0.1	0.07	0
		101-200	0.13	0.11	0.08	0
		201-300	0.14	0.13	0.1	0
		301-400	0.15	0.14	0.11	0
		más de 400	0.15	0.15	0.12	0
	61-100	1-100	0.08	0.06	0.04	0
		101-200	0.08	0.07	0.05	0
		201-300	0.09	0.08	0.06	0
		301-400	0.1	0.09	0.07	0
		más de 400	0.1	0.1	0.08	0
Estructuras con paredes abiertas	Cuando la altura de la pared expuesta del edificio es igual o menor que la altura de la pared de todo el edificio $X_i = 0$ .					

El factor de comunicación  $P_i$  refleja el potencial necesario esparcido en pasillos abiertos o cerrados, que se comuniquen entre edificios o estructuras, y estos valores se pueden observar en la tabla 4.3.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

Descripción de protección en pasillos abiertos.	Comunicación con cosas resistentes al fuego, no-combustibles o de bajo riesgo.				Comunicación con construcciones combustibles.					
	Abierto.	Cerrado			Abierto.			Cerrado		
	Cualquier distancia.	de 10 ft a 20 ft. menor.	11 ft a 20 ft.	21 ft. a 50 ft.	de 10 ft a menor.	11 ft a 20 ft.	21 ft. a 50 ft.	de 10 ft a 20 ft. menor.	11 ft a 20 ft.	21 ft a 50 ft.
Desprotegido.	0	0	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0	0	0.3
Para fuego Clase A con puerta al final del pasillo.	0	0.2	0.1	0	0.2	0.15	0	0.3	0.2	0.1
Para fuego Clase B con puerta en cada sección, o puerta doble.	0	0.3	0.2	0.1	0.25	0.2	0.1	0.35	0.25	0.15
Para fuego Clase A con puerta en cada sección, o puerta doble.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Para fuego Clase B con puerta en cada sección, o puerta doble o para fuego Clase B con puerta al final del pasillo.	0	0.1	0.05	0	0	0	0	0.15	0.1	0

El flujo necesario para combatir un incendio es calculado por la fórmula que se dio previamente y por los factores mencionados. El factor NFF calculado en la fórmula debe ser alrededor de 250 gpm para flujos cercanos a 2500 gpm, y 1500 gpm para grandes flujos y ajustes de éstos como son los siguientes:

- Para edificios con buenos techos, adicionar 500 gpm.
- El flujo necesario no debe exceder de 12000 gpm (45425 l/min), o ser menores a 500 gpm (1893 l/min).
- Para edificios con habitaciones, usando el NFF calculado no debe ser mayor a 3500 gpm máximo.
- En casas con familias pequeñas de una o dos familias o no más de dos almacenes de 4 a 4.5 mts de alto, el flujo requerido para combatir un incendio se muestra en la tabla 4.4.

Distancias de Exposición		Flujo Requerido Propuesto	
ft	m	gpm	L/min
más de 100	30	500	1,893
31 a 100	9.5 a 30	750 a 1,000	2,839 a 3,785
11 a 30	3.4 a 9.1	1,000	3,785
10 o menor	3 o menor	1,500	5,678

De acuerdo a NFPA el flujo de agua de enfriamiento en unidades de proceso se muestran en la tabla no. 4.5.

Equipo.	L/min./m <sup>2</sup>	Area Base.
Estructuras horizontales.	4	Area mojada.
Estructuras verticales.	10	Area mojada.
Rack de tuberías.	4	Area de pared de tubo.
Rack de tuberías.	20	Area total.
Recipientes.	10	Area superficial.
Transformadores, equipo y accesorios.	10	Area cerrada rectangular.
Expuesta, no absorbente.	6	Area cerrada rectangular.

Como dato general es importante tener en cuenta cuanto se puede gastar de agua de acuerdo al tamaño de la unidad de proceso con la que cuente una planta, de hecho éste valor se puede considerar como primer cálculo, para tener como referencia el intervalo de cuanto debe contar la planta; a continuación se presenta una tabla para considerar éste valor y se tenga una idea y se pueda tener un primer valor como guía para poder aplicar un criterio en caso de requerir un valor rápido.

Unidad del proceso medida en metros.	Flujo de agua m <sup>3</sup> /hr.
30 x 60	350 - 500
45 x 75	500 - 650
45 x 90	700 - 850
70 x 140	1000 - 1200

#### 4.2.1 Método Iowa State University.

El método Iowa State University es otro método común usado para determinar los rangos de agua en la lucha contra incendios. Esta es una proposición teórica y es basada en la cantidad de agua necesaria para agotar el oxígeno en un área confinada, cuando el agua es vaporizada en corrientes de vapor por el calor del incendio. Pruebas hechas por la universidad, indican que el fuego es bastante controlado si la cantidad necesaria de agua para agotar el oxígeno es aplicada en 30 segundos.

El flujo requerido en GPM es dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Flujo Requerido} = \frac{V}{100} \quad \text{ecuación 4.4}$$

donde V es el volumen encerrado del edificio en ft<sup>3</sup>.

Este método es único, en que en éste no es considerado el peligro dado, sólo el volumen de el edificio para ser relleno de vapor.

Debido a ineficiencias en la aplicaciones de agua, algunos expertos sienten que el rango debe ser de 2 a 4 galones por 100 ft<sup>3</sup> del volumen del edificio, es poco 1 gal por 100 ft<sup>3</sup> en la fórmula. Otras variaciones, incluyen el cambiar el valor del denominador, basándose en un peligro dado.

Esta fórmula puede ser usada por aproximadamente 30 años y es extremadamente simple su aplicación. Para más edificios de volumen entero de estructura debe incluirse el volumen de el sótano, espacios de gurdillas, y otros espacios ocultos. Para grupos de edificios, el gran intervalo flujo debe ser usado.

#### 4.2.2 Método Illinois Institute of Technology Research Institute.

Este método fue usado en un estudio de 134 incendios en el área de Chicago. El resultado de el estudio fue usado con un análisis de regresión para desarrollar las fórmulas del flujo contra incendio, basado en el área de edificios. El intervalo del flujo contra incendio se basa en las siguientes fórmulas:

$$\text{Flujo para ocupación residencial} = 9 \times 10^{-5}A^2 + 50 \times 10^{-2}A \quad \text{ec. 4.5}$$

$$\text{Flujo para otras ocupaciones} = -1.3 \times 10^{-5}A^2 + 42 \times 10^{-2}A \quad \text{ec. 4.6}$$

donde A es el área de el incendio en ft<sup>2</sup>.

Es importante mencionar que en los métodos anteriores se debe cumplir con un intervalo de flujo de agua, así como un determinado tiempo en el cual se combata el incendio, por lo que el número de horas durante el cual es requerido el flujo de agua debe ser disponible de 2 a 10 hrs, como se indica en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Duración del Flujo contra Incendios Requerido.				
Flujo de agua contra incendios requerido.				
gpm	L/min.	Millones de galones por día	Millones de litros por día	Duración (horas)
1,000	3,785	1.44	5.45	2
1,250	4,732	1.8	6.81	2
1,500	5,678	2.16	8.18	2
1,750	6,624	2.52	9.54	2
2,000	7,571	2.88	10.9	2
2,250	8,517	3.24	12.26	2
2,500	9,463	3.6	13.63	2
3,000	11,356	4.32	16.35	3
3,500	13,249	5.04	19.08	3
4,000	15,142	5.76	21.8	4
4,500	17,034	6.48	24.53	4
5,000	18,927	7.2	27.25	5
5,500	20,820	7.92	29.99	5
6,000	22,712	8.64	32.71	6
7,000	26,498	10.08	38.16	7
8,000	30,283	11.52	43.61	8
9,000	34,069	12.96	49.06	9
10,000	37,854	14.4	54.51	10
11,000	41,639	15.84	59.96	10
12,000	45,425	17.28	65.41	10

### 4.3 FUENTES DE SUMINISTRO.

Las fuentes de suministro se dividen en dos grandes divisiones:

- 1) Suministro de agua por mantos freáticos, y
- 2) Suministro de agua a nivel superficial.

#### 4.3.1 Suministros Subterráneos.

El suministro por mantos freáticos es que el agua es recolectada dentro de la tierra por precipitación, y almacenada en el estrato de la tierra. El estrato bajo la tierra posee agua que puede definirse como agua acuífera.

La altura del manto freático varía durante el año, depende principalmente en la variación de precipitación, los movimientos de los mantos acuíferos, y del agua retirada de los mantos principalmente de manantiales o pozos.

Estos son localizados, en nuestros tiempos en grandes dimensiones y son numerosos debido a su uso, donde el agua es almacenada en el interior de la tierra, al ser penetrados éstos, el agua sube por lo que la altura disminuirá dándonos una cabeza positiva.

La cantidad de agua que se encuentre en estos mantos dependerá principalmente de la naturaleza donde se encuentre.

En la NFPA 20 "Installation of Centrifugal Pumps", se permite la instalación de bombas verticales para succionar el agua, siempre y cuando cumpla con las condiciones y pruebas en los pozos.

#### 4.3.2 Suministros Superficiales.

Estos suministros consisten principalmente en ríos, lagos, arroyos y presas. Como en los suministros subterráneos, éste también dependerá de la precipitación que va por el drenaje. Usualmente, y no obstante los suministros superficiales responden más rápidamente al disminuir la precipitación o en épocas de sequía.

La norma de Petroleos Mexicanos No. 2.431.01 en su sección 3.15.1 define las fuentes de abastecimiento como sigue:

Los sistemas de agua para servicio contra incendio se dividen normalmente en las siguientes:

- ♦ Una fuente de abastecimiento de agua debe contar con un volumen tal que pueda satisfacer las necesidades de demanda, en caso de emergencia, estas fuentes de abastecimiento son:
  1. Primarias: tal como ríos, lagos, fuentes naturales, pozos o servicios municipales.
  2. Secundarias: tal como tanques elevados o cisternas.
- ♦ Un sistema de bombeo que proporcione el agua en la cantidad y presión requerida de acuerdo con las necesidades y contra el riesgo mayor en cada caso.

Para tener un mejor uso del suministro de agua, deberá procurarse que la red de distribución de agua forme circuitos cerrados en las áreas y zonas a proteger, contando con las facilidades para que puedan aislarse por medio de válvulas y además con sus respectivas salidas para hidrantes, monitores y sistemas fijos de aspersión. La localización, evaluación de riesgos, y topografía de terreno en donde se instale la red de distribución de agua y el equipo contra incendio, deben tomarse en cuenta para la selección del tipo de fuente de suministro y almacenamiento de agua en cada caso en especial, por ejemplo:

- ♦ Si la red de distribución de agua contra incendio se localiza en donde la fuente de suministro es un pozo profundo y el terreno es plano, se debe usar el pozo como fuente primaria y un tanque vertical de 10,000 barriles de capacidad como fuente secundaria, como se muestra en la figura B.

Si la red de distribución de agua contra incendio está cerca de un río, mar, lago, laguna o lugar similar, se debe considerar a ésta como fuente primaria y una cisterna o tanque de almacenamiento, como fuente secundaria. Esta última debe contar con un sistema de bombeo apropiado.

**DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

En aquellos lugares donde existan tanques o presas para almacenamiento de agua contra incendio (fuentes secundarias), el agua que se almacene deberá ser tratada, o periódicamente renovada para evitar la acumulación de materia orgánica y sedimentos; estos tanques o presas deben localizarse en lugares seguros.

#### 4.4 SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA.

Estos son dos tipos básicos de los sistemas de distribución de agua:

- 1) Sistemas por gravedad y
- 2) Sistemas de bombeo.

Otros sistemas serían la combinación de los dos tipos anteriores.

##### 4.4.1 Sistemas por Gravedad.

Un sistema por gravedad, es el que entrega un suministro de agua desde la fuente de suministro, a los sistemas de distribución sin el uso de equipo de bombeo. El tipo de estos son usualmente ideales para el abastecimiento de agua en un incendio, pero son limitados ya que el proporcionar presiones adecuadas a las demandas requeridas de agua, durante los períodos de tiempo en que se requiere no lo pueden llegar a satisfacer en los intervalos normales de consumo, y es lo que hay que tener en cuenta.

Un sistema por gravedad es confiable porque el suministro no depende en la operación del equipo mecánico; no obstante la confiabilidad de un buen diseño y seguridad en los sistemas de bombeo pueden desarrollar lo que en los sistemas por gravedad no se pueden obtener.

##### 4.4.2 Sistemas de Bombeo.

Cuando los requerimientos del agua no pueden ser obtenidos por una elevación suficiente para dar las presiones de trabajo desde la cabeza elevación, aquí es necesario poner en el sistema el número de bombas que se requieran. Estas bombas normalmente se localizan en la fuente de suministro y son usadas para desarrollar las presiones requeridas para vencer las pérdidas por fricción y para proporcionar las presiones de trabajo en la distribución del sistema.

# CAPITULO 5.

## *"SISTEMA HIDRAULICO".*

## 5.1 SISTEMA DE MANGUERAS Y TUBERIAS.

Los sistemas de tuberías, los cuales son propiamente diseñados, equipados y mantenidos, son la esencia y el medio para combatir y extinguir fuegos en edificios, estructuras y en plantas industriales. Así en los edificios equipados con sistemas de rociadores automáticos, los sistemas de tuberías pueden ser un complemento necesario. Los arreglos de sistemas de tuberías son un medio confiable para obtener los flujos de agua necesarios en la lucha contra incendios. En algunos lugares como en edificios, almacenes o áreas grandes (como en estructuras o en plantas industriales), se tienen el uso de mangueras desde el exterior como se muestra en la figura C.

Los sistemas de tuberías pueden ser agrupados dentro de tres clases generales de servicios, para el uso requerido en un incendio. Las clases se dividen en las siguientes:

- Clase I: Para uso por el departamento de seguridad o contra incendios (Bomberos), o personas entrenadas en el manejo de grandes incendios, en las cuales se conectan mangueras de 2 1/2 in.
- Clase II: Para el uso primario las cuales pueden ser usadas por ocupantes de edificios o personal no entrenado hasta que lleguen las personas capacitadas para combatir los incendios, y en ésta normalmente son mangueras pequeñas.
- Clase III: Para uso de las personas del departamento contra incendios u otras personas capacitadas en el manejo de mangueras con grandes flujos de agua en la lucha contra incendios.

### 5.1.1 Sistemas clase I.

Los sistemas clase I proporcionan conexiones de 2 1/2 in (64 mm) para mangueras y generalmente son localizadas en en edificios para tener una escala total en la lucha contra incendios. Estos sistemas son generalmente destinados para el uso exclusivo del departamento contra incendios. Los sistemas clase I reduce la necesidad por el personal encargado para colocarse extendiendo mangueras largas desde el exterior para penetrar en el interior del incendio, con lo cual se reduce el tiempo y el personal requerido para comenzar a combatir el fuego.

Los sistemas clase I son generalmente requeridos en edificios con o sin rociadores, normalmente son en almacenes altos, debido a que el tiempo excesivo y la cantidad de personal requerido para colocar las mangueras desde el exterior al piso de los almacenes mencionados. Los sistemas clase I son comúnmente usados en diferentes lugares por razones similares.

#### 5.1.2 Sistemas clase II.

Los sistemas de clase II proporcionan conexiones para manguera de 1 1/2 in. (38 mm), diseñadas en localidades de edificios para primeros auxilios en combatir incendios. Estos sistemas son generalmente destinados para uso de brigadas contra incendios y si acaso por ocupantes del edificio antes de que los bomberos lleguen al lugar. En los sistemas clase II una manguera, una boquilla y un rack es instalado normalmente en cada conexión de mangueras.

Los sistemas clase II son requeridos después de que un edificio no contiene sistema de aspersores. Estos pueden ser requeridos para proteger de peligros en áreas especiales como edificios o estructuras expuestas.

Actualmente, los miembros de la comunidad de protección contra incendios no se ponen de acuerdo acerca de lo provechoso que pueden llegar a ser los sistemas de tubería disponibles para uso de ocupantes en edificios. Las empresas que tienen divididos sus departamentos a más bien dicho focalizados, y sus ocupantes no han ensayado como utilizar mangueras del sistema de agua contra incendio de 100 ft (30.5 m) de longitud proporcionando un flujo de agua no menos de 100 gpm (378L/min). Estas empresas deben fomentar a su personal para que conozcan como manejar el sistema de redes contra incendio, o como mínimo en caso de un accidente o desastre el poder evacuar el lugar.

### 5.1.3 Sistemas Clase III.

Los sistemas clase III combinan las características de los sistemas clases I y II. Estos suministran para ambos sistemas de gran escala y primeros auxilios en la lucha contra incendios. Estos sistemas generalmente son destinados para el uso del departamento de lucha contra incendios, para las brigadas y quizá para ocupantes de edificios, porque de éstos múltiples usos los sistemas clase III suministran a ambos sistemas clase I y II en conexiones de mangueras y equipo asociado. Esto algunas veces se realiza usando válvulas para manguera de 2 1/2 in (64 mm) con fácil manejo para quitar con adaptadores de 1 1/2 in (38 mm) los cuales están permanentemente encadenados para la conexión de mangueras. De los tres sistemas el que más es usado por las empresas es el sistema clase III, ya que combina a los otros dos y es más fácil capacitar al personal usando éste sistema.

## 5.2 SUMINISTRO DE AGUA EN TUBERIAS.

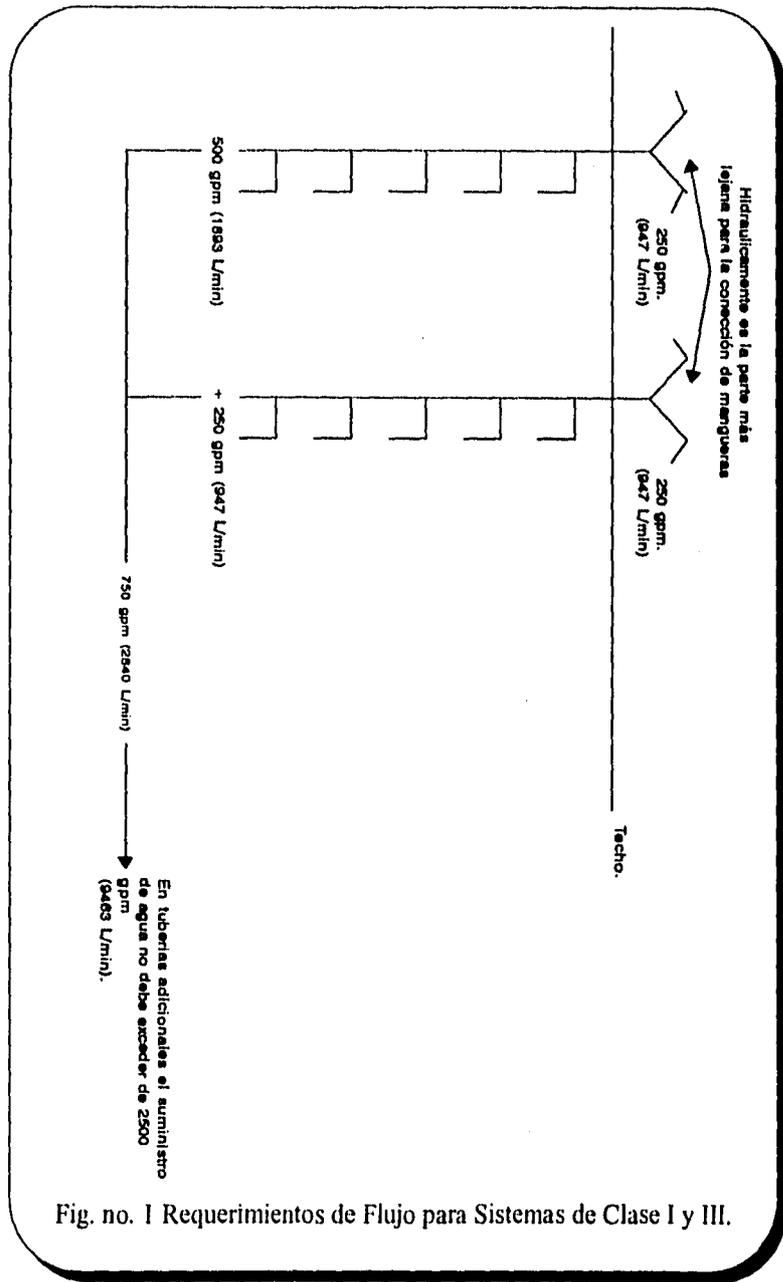
### 5.2.1 Requerimientos del suministro de agua.

Una vez que los requerimientos de los sistemas en sus diferentes clases han sido determinadas, las características más críticas de un sistema que deben ser consideradas al calcular los requerimientos de agua. Esto se debe a que el medio de suministro de agua puede ser determinado, y en el diseño deben de considerarse todos estos factores para suministrar las presiones y flujos, que se requieren en cada punto del sistema.

Las demandas del sistema para la red de agua contra incendio estan en función de las variables críticas siguientes:

1. El intervalo de flujo y presiones requeridos cumpliendo hidráulicamente en las conexiones de mangueras más lejanas.
2. Los intervalos de flujos requeridos para tuberías adicionales.
3. Los requerimientos de suministro de agua para rociadores automáticos en tuberías comunes.
4. La duración requerida del flujo de agua.
5. Las pérdidas de presión y los cambios en elevaciones.

Los intervalos de flujo, presión y requerimientos de duración para el sistema de tuberías son determinadas por el tipo de clase de sistemas. Los sistemas clase I y III deben ser capaces de dar 500 gpm (1893 L/min), para la primera tubería adicional deberá de ser 250 gpm (947 L/min), teniendo como máximo un total de 2500 gpm (9463 L/min). Este estándar también requiere que el suministro de agua sea capaz de suministrar como mínimo un total de 30 minutos. En la figura 1 se ilustra la forma en que deben de diseñarse los sistemas para que no se excedan de 2500 gpm. En adición la NFPA 14 requiere que el suministro de agua para sistemas clase I y III sea capaz para entregar una presión residual de 65 psi (448 kPa) y a la salida de la conexión de manguera en la parte más alta, con 250 gpm (947 L/min) de las dos salidas de conexión de mangueras más lejanas y al igual que lo antes dicho, si se requiere de más tuberías se adicionará 250 gpm (947 L/min) para cada salida no excediendo de 2500 gpm (9463 L/min). Para sistemas clase II, la NFPA 14 requiere que los suministros de agua sean capaces de entregar 100 gpm (378 L/min), durante 30 minutos, y éstas deben ser lo bastante fuertes para mantener una presión residual de 65 psi (448 kPa) a la salida de la conexión para manguera más lejana.



## DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

Es importante dejar claro que la demanda máxima probable se determina en función de los equipos y sistemas contra incendio que sería necesario utilizar para el control del caso más crítico probable, tanto para enfriar equipos adyacentes como para el combate del incendio considerando los siguientes flujos:

Mangueras de 2 1/2 in. de diámetro	237 gpm. a 50 psi.
Mangueras de 1 1/2 in de diámetro.	43 gpm a 50 psi.
Monitor.	750 gpm a 50 psi.
Sistema de rociadores (Densidad).	0.35 gpm/ft <sup>2</sup> .

y, considerando el enfriamiento de la superficie expuesta de recipientes, equipos de proceso y estructuras en esa área, de acuerdo a las siguientes densidades:

Recipientes y equipos de proceso.	0.30 gpm/ft <sup>2</sup> de superficie expuesta al fuego.
Miembros estructurales metálicos.	0.35 gpm/ft <sup>2</sup> .
Cama de tubería 1 nivel.	0.25 gpm/ft <sup>2</sup> .
Varios niveles.	0.35 gpm/ft <sup>2</sup> .
Transformadores.	0.30 gpm/ft <sup>2</sup> de área total.

El volumen mínimo exclusivo contra incendio ( según la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, AMIS.) debe ser 456 m<sup>3</sup>.

### 5.3 CLASIFICACION DE TUBERIAS.

Los dos métodos para clasificar las tuberías de la red de tuberías son:

1. El método de cédula de tubería y
2. El método hidráulico.

Sin embargo el método hidráulico es aceptado universalmente, el método de cédula de tubería es no aceptado tan fácilmente.

Con el método de cédula de tubería, la clasificación y el diámetro de la tubería son prescritas por una cédula basada en la clase del sistema y la altura de la red. De acuerdo con el primer método para sistemas clase I y III, la red de tuberías no debe exceder en su último tramo de 100 ft (30.5 m) de altura con un mínimo de 4 in (102 mm) de diámetro de tubería.

Para tuberías de redes contra incendio mayores a 100 ft (30.5 m) de altura con un mínimo de 6 in (102 mm) de diámetro de tubería. Esta información es proporcionada para conocimiento de las personas que tengan acceso a ésta tesis, ya que como se mencionó anteriormente éste sistema es obsoleto, y el que es usado universalmente por los ingenieros en diseño es el método hidráulico, por lo que nos enfocaremos más a éste último.

Con el método de diseño hidráulico, los diámetros de las tuberías serán seleccionadas con aquellas que se pueda entregar los requerimientos mínimos de flujo y presión. Más específicamente la selección del diámetro de tuberías deben ser de acuerdo a los requerimientos del suministro de agua, incluyendo los aparatos del departamento contra incendio, y que es capaz de entregar hidráulicamente el flujo y presión requerida aún en la conexión para manguera o monitor más lejano. Este método se basa en varios teoremas el más común y el que trataremos es el teorema de Bernoulli, y que se podrá ver más adelante en la sección de cálculo hidráulico.

En las instalaciones de proceso y áreas de almacenamiento, el diámetro mínimo de tubería en redes contra incendio debe ser de 152 mm (6") y el número máximo de hidrantes y/o manitores por anillo de 12. En otros casos, el diámetro de la tubería y la colocación de los hidrantes o monitores deben determinarse tomando en cuenta el número de tomas, distancias y condiciones del lugar, considerando las disposiciones de las normas de seguridad aplicables.

Para los sistemas de aspersión, el diámetro de la tubería debe determinarse tomando en cuenta el número y tipo de aspersores, presión de operación, localización, etc.

El tubo de succión de la bomba debe tener el diámetro necesario para que pueda circular por éste el 150% del gasto total con una velocidad máxima de 1.5 m/seg (5 ft/seg). Este tubo debe ser tan corto y recto como sea posible entre la fuente secundaria y la bomba, evitando codos, accesorios y procurando que las conexiones resulten perfectamente selladas.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

Cuando haya la necesidad de usar reducciones en las líneas de succión horizontales, éstas deben ser excéntricas, colocadas con la pared recta hacia arriba las cuales se podrán ver en la siguiente tabla 5.3.

TABLA No. 5.3 Longitud Equivalente en Reducciones.					
REDUCCION (la)	LONGITUD EQUIVALENTE. (n)	REDUCCION (la)	LONGITUD EQUIVALENTE. (n)	REDUCCION (la)	LONGITUD EQUIVALENTE. (n)
1 1/2 a 1	2.1	4 a 3 1/2	1.2	10 a 3	10.3
2 a 1	2.8	6 a 1	3.8	10 a 3 1/2	11.7
2 a 1 1/2	2	6 a 1 1/2	5.4	10 a 4	12.7
2 1/2 a 1	3.2	6 a 2	6.8	10 a 6	14
2 1/2 a 1 1/2	3.5	6 a 2 1/2	7.7	10 a 8	8
2 1/2 a 2	2	6 a 3	8.5	12 a 1	4.1
3 a 1	3.4	6 a 3 1/2	8.8	12 a 1 1/2	6
3 a 1 1/2	4.3	6 a 4	8.3	12 a 2	7.7
3 a 2	4.2	8 a 1	4	12 a 2 1/2	8.5
3 a 2 1/2	1.9	8 a 1 1/2	5	12 a 3	10.8
3 1/2 a 1	3.5	8 a 2	7.2	12 a 3 1/2	12
3 1/2 a 1 1/2	4.5	8 a 2 1/2	8.3	12 a 4	13.7
3 1/2 a 2	5	8 a 3	9.8	12 a 6	17
3 1/2 a 2 1/2	4.2	8 a 3 1/2	10.5	12 a 8	16.7
3 1/2 a 3	1.5	8 a 4	11.3	12 a 10	7.5
4 a 1	3.6	8 a 6	8		
4 a 1 1/2	4.9	10 a 1	4		
4 a 2	5.7	10 a 1 1/2	5.9		
4 a 2 1/2	5.4	10 a 2	7.5		
4 a 3	4	10 a 2 1/2	9		

El tubo de descarga de la bomba debe ser del diámetro que se indica en la siguiente tabla:

Capacidad Nominal de la bomba	GPM	250	500	750	1,000	1,500	2,000	2,500
	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

En la línea de descarga de la bomba y en el sentido del flujo, debe instalarse una válvula de retención seguida de una válvula de compuerta. Además, es conveniente instalar un manómetro con límites de presión de acuerdo con la presión de descarga de la bomba, de tal forma que la indicación de presión máxima está dentro del medio tercio de la escala del manómetro. El tamaño de la carátula debe ser de 6 in (152 mm) de diámetro con fondo blanco y caracteres negros.

Para evitar la corrosión externa en la tubería enterrada, debe protegerse mediante recubrimiento y en caso necesario complementarse con protección catódica; se debe revisar y supervisar en ambos casos la protección antes de cubrirla.

La velocidad del agua para la selección del diámetro de la tubería, es de 1.83 a 3.66 m/seg (6 a 12 ft/seg) cuando se trate de agua dulce. Para redes de agua contra incendio que manejen exclusivamente agua salada, se debe considerar una velocidad de 1.22 a 2.44 m/seg (4 a 8 ft/seg).

En las tuberías enterradas, se deben prever la protección contra efectos de cargas externas que puedan dañarla. Esta protección puede llevarse a cabo por medio de trincheras, camisas o una mayor profundidad de su instalación. Cuando pase bajo vías de ferrocarril o calles de tránsito pesado, la tubería debe instalarse a una profundidad mínima de 1,300 mm (ésta profundidad debe medirse desde la parte superior del tubo, a nivel de piso terminado), pudiendo proteger además con una camisa que permita una holgura de 100 mm como mínimo. la tubería no debe pasar bajo construcciones o bodegas.

## DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

En áreas fuera de las instalaciones industriales, áreas de acceso y en lugares donde el clima lo permita, la tubería se puede instalar superficialmente o en trincheras poco profundas, cubiertas con rejillas.

En áreas de instalaciones industriales, o lugares donde la temperatura ambiente baje de 0°C se debe enterrar a una profundidad de 750mm.

En las instalaciones de proceso y en sus áreas de almacenamiento se debe procurar que la red de agua contra incendio forme anillos que contengan 12 hidrantes y/o manitores como máximo, debiéndose instalar válvulas de seccionamiento superficiales en lugares que permitan aislar secciones del sistema de tubería cuando haya necesidad de efectuar reparaciones o ampliaciones.

Cuando exista más de una fuente de suministro, deben instalarse válvulas de seccionamiento en cada una de ellas.

Para seccionar la tubería se debe considerar como mínimo las siguientes condiciones:

- ♦ Capacidad.
- ♦ Máxima presión de trabajo.
- ♦ Condiciones del medio y del terreno.
- ♦ Cargas externas.
- ♦ Calidad del agua.

En los casos en que se maneje agua salada, se deberá efectuar un estudio que permita determinar el espesor total de pared del tubo, ya sea aplicando tolerancias para corrosión para acero al carbón o la utilización de otros materiales. En ningún caso la tubería debe tener un espesor menor al indicado en la tabla 5.5.

Es importante entender que es un sistema de tuberías para redes de agua contra incendio, y no nada más como se clasifican, tipos de materiales, y tipos de éstas, sino también es importante entender y asimilar de que está constituido el sistema de tuberías en una red de agua contra incendio. Por lo anterior, a continuación se presentarán los requisitos mínimos con los que está constituida la red de tuberías que formen parte en la red contra incendios, con la finalidad de que ésta sección, que es una de las más

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

importantes en el diseño de redes de agua contra incendio quede lo más entendible posible.

Es importante dejar claro que un sistema de tuberías, es un arreglo de tuberías que permite el transporte y distribución de agua desde las unidades de bombeo a los equipos contra incendio, y éste consta de:

1. Circuito principal: Tubería principal de distribución.
2. Ramales principales: Alimentan a edificios, sistemas de rociadores ó más de 3 equipos contra incendio.
3. Ramales secundarios: Alimentan hasta 3 equipos contra incendio.

1) Circuito principal: Debe formar un circuito cerrado desde la descarga de las bombas contra incendio, de manera que cualquier equipo ó sistema contra incendio reciba la alimentación de agua desde dos direcciones opuestas.

Debe evitarse la instalación de un número excesivo de codos "T", bayonetas, etc. en el circuito principal, a fin de reducir en lo posible las pérdidas por fricción.

2) Ramales principales: Deben estar interconectados al circuito principal en dos puntos opuestos, ó al menos separados por una válvula seccional.

3) Ramales secundarios: Pueden estar interconectados al circuito principal ó a ramales principales, y se utilizan para alimentar hasta 3 equipos contra incendio.

Los diámetros del circuito principal y ramales deben ser calculados de acuerdo a lo especificado en el diseño hidráulico de ésta. La tubería debe ser de acero al carbón, con ó sin costura, cédula 40 para líneas menores a 8 in., de diámetro; líneas de 8 in. de diámetro ó mayores, podrán ser cedula 30. Esto último no incluye a la tubería para el diseño de rociadores.

Es importante tener en cuenta que la selección de las tuberías es de acuerdo al flujo y la velocidad del líquido que se va a manejar y una de las formas por las que pueden calcular es como se ilustra en las tablas de el apéndice; la caída de presión que producen las tuberías y que dependen del diámetro del cual se elija, esto lo podrá usted observar mejor en la unidad no.6, donde se muestra el calculo hidráulico para redes de agua contra incendio.

#### 5.4 MANTENIMIENTO DE TUBERIAS.

- 1.- Al instalar la tubería en cepas o trincheras como se muestra en la figura D en el apéndice, y ésta debe limpiarse interiormente en sus extremos. Taparse provisionalmente con los medios apropiados hasta terminar su instalación, para evitar que penetren a ella piedras o materias extrañas.
- 2.- La tubería que se instale en cepas debe apoyarse en toda su longitud y cuando se instale en trincheras debe apoyarse sobre soportes de concreto, espaciados, para evitar deflexiones mayores de 6 mm en la tubería.
- 3.- Las cepas deben prepararse con un colchón compacto de arena o tierra sin materia vegetal que pueda dañar el recubrimiento; estos materiales no deben contener cenizas o materias corrosivas. Cuando se suba la cepa, se debe compactar la tierra alrededor de la tubería.
- 4.- Una vez terminada la instalación y antes de cubrir la tubería, debe probarse hidrostáticamente durante dos horas como mínimo a una presión de 50 % mayor que la máxima de operación, pero nunca menor de 15 %.
- 5.- Toda la tubería contra incendio que se instale sin enterrar, debe protegerse con un recubrimiento anticorrosivo, y con franjas de color rojo bermellón, como lo indica la norma de seguridad No. AI-1.
- 6.- En las redes de agua contra incendio, deben instalarse manómetros a lo largo del circuito, y determinarse las caídas de presión en todas las tomas cada seis meses como mínimo, con el fin de efectuarse posibles obstrucciones y determinar la conveniencia de efectuar una limpieza. Esta limpieza puede hacerse por medios mecánicos o químicos y se debe efectuar en el menor tiempo posible y por secciones de la red.
- 7.- Limpieza mecánica: Consiste en raspar y cepillar los depósitos de óxido con herramientas especiales. El material aflojado puede expulsarse de la tubería con agua a presión.

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

- ♦ **Accionamiento hidráulico:** El procedimiento consiste en insertar la herramienta de limpieza en un extremo de la tubería; a continuación se hace circular el agua para que la presión de ésta empuje al raspador a través de la tubería. Este método se utiliza para tuberías de 101 mm (4in) de diámetro y mayores.
- ♦ **Accionamiento mecánico:** Utilizando raspador rotatorio accionado con flecha flexible por un motor. Este procedimiento se usa cuando los depositos dentro de la tubería son demasiados duros, y no se puede remover con éxito por el método anterior. Se recomienda usarlo para limpiar longitudes de tubería hasta de 100 m.

**8.- Limpieza química:** Las sustancias químicas más comunes para limpiar tuberías son ácido clorhídrico diluido u otras soluciones ácidas. Este procedimiento se recomienda usarlo donde la tubería tiene muchos cambios de dirección. El tipo y concentración del compuesto químico dependerá de la naturaleza de la incrustación.

La solución debe hacerse circular continuamente a través de la tubería o permanecer dentro de ésta hasta limpiarla. Para reducir la reacción con el tubo posteriormente a la aplicación del compuesto se debe usar algún tipo de inhibidor de corrosión. En aquellos casos donde sea factible, los inhibidores se agregan al compuesto químico.

**9.-** Cuando sea necesario utilizar agua salada en la red de agua contra incendio, procurar lavarla con agua dulce, dejándola cargada y presionada. En caso de no tener agua dulce, debe quedar cargada y presionada con agua salada.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

<b>Tabla no. 5.5 Materiales para Tubería Acerca de Redes Contra Incendio.</b>			
<b>PARTIDA.</b>	<b>DIAMETRO.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>ESPECIFICACION.</b>
<b>TUBO.</b>			
Extremos Roscados y Cople	1 1/2" y menores.	Sin costura, Céd. 80.	Acero al carbón.
Extremos Biselados.	2" a 10"	Sin costura, Céd. 40.	ASTM A-120, mínimo.
Extremos Biselados.	12" y mayores.	Con costura, Céd. STD.	
Niples.	2 1/2" y menores.	S/cost. Céd 80 (ambos extremos roscados).	Acero al carbón.
	2 1/2" y menores.	S/cost. Céd 80 (un extremo roscado).	ASTM A-120, mínimo.
<b>VALVULAS.</b>			
<b>ROSCADAS.</b>			
Compuerta (cuña sólida).	1 1/2" y menores.	150 # SWP, RSIS, UB.	B62
Compuerta (cuña sólida).	2 1/2" (nota #1)	150 # SWP, RSIS, UB.	B62
Compuerta (doble disco)	1 1/2" y 2 1/2"	300 # RSIS,UB,Rosca hembra NPT y rosca macho NSHT (con tapón, cachucha y cadena).	B62
Retención (tipo pistón).	1 1/2" y menores.	150 # tapa roscada.	B62, interiores de bronce con níquel.
<b>BRIDADAS.</b>			
Compuerta (cuña sólida).	2" y mayores.	125 # FF, OS&Y, BB.	A126 IBBM.
Retención (columpio).	2" y mayores.	125 # FF, BC.	A126 IBBM.
Macho (lubricadas).	2 a 4" (nota # 2).	150 # RF.	A216 Grado WCB.
Macho (lubricadas).	2 a 4" (nota # 2).	200 # FF.	A216 Clase 13.
<b>BRIDAS.</b>			
CUELLO SOLDABLE.	2" y mayores.	150 # RF (unión entre bridas)	A 181 GR 1
	2" y mayores.	150 # FF (unión c/val).	
<b>CONEXIONES.</b>			
ROSCADAS.	1 1/2" y menores.	2000 #,tuercas unión con asiento de acero contra bronce.	A 105 GR 11
COPIES ROSCADOS.	1 1/2" y menores	3000 #	
SOLDABLES A TOPE.	2" y mayores.	Céd. de acuerdo con la del tubo.	A234 GR WPB.
JUNTAS.	TOPOS.	Asbesto comprimido de 1.5 mm (1/16") de espesor	D-1170
TORNILLERIA.	TOPOS.	Tornillos máquina de cabeza cuadrada con tuercas hexagonales.	A307 A194 GR 211.
<b>UNIONES.</b>			
MANTENIMIENTO.	1 1/2" y menores. 2" y mayores.	Tuerca unión. Brida.	
NORMAL.	1 1/2" y menores. 2" y mayores.	Coples. Soldables a tope.	

<b>Tabla no. 5.6 Materiales para Tubería Enterrada en Redes Contra Incendio.</b>			
<b>PARTIDA.</b>	<b>DIAMETRO.</b>	<b>DESCRIPCION.</b>	<b>ESPECIFICACION.</b>
<b>TUBOS.</b>			
Extremos Biselados.	2" a 10"	Sin costura, Céd. 40	Acero al carbón.
Extremos Biselados (nota#1).	12" y mayores.	Sin costura, Céd. STD.	ASTM A-120, mínimo.
<b>VALVULAS BRIDADAS.</b>			
Compuerta (cuña sólida).	2" y mayores.	125 # FF,NRSIS, BB.	A126 IBBM.
Retención (culumpio).	2" y mayores.	125 # FF, BC.	A126 IBBM.
<b>BRIDAS.</b>			
CUELLO SOLDABLE.	2" y mayores.	150 # RF, (unión entre bridas)	A181 GR 1
	2" y mayores.	150 # RF, (unión con válvula)	
<b>CONEXIONES.</b>			
SOLDABLES A TOPE	2" y mayores.	Céd. de acuerdo con la del tubo.	A105 GR 11
JUNTAS.	TODOS.	Asbesto comprimido de 1.5 mm (1/16") de espesor.	D-1170
TORNILLERIA.	TODOS.	Tornillos máquina de cabeza cuadrada con tuercas hexagonales.	A307 A194 GR 2H.
<b>UNIONES.</b>			
MANTENIMIENTO.	TODOS.	Brida.	
NORMAL.	TODOS.	Soldables a tope.	

**NOTAS.**

- 1.-) Para usarse exclusivamente en Hidrantes.
- 2.-) Para usarse únicamente en Monitores.
- 3.-) Tubería sobre soportes protegida con una pintura anticorrosiva y pintura roja.
- 4.-) Límites de operación: 19.3 man. y 38°C.
- 5.-) Abreviaturas:
  - ♦ SWP Presión de operación con vapor.
  - ♦ RSIS Vástago saliente con rosca interior.
  - ♦ UB Bonete de unión roscada
  - ♦ NPT Rosca estándar para tubería.
  - ♦ IIBM Cuerpo de hierro con interiores de bronce.
  - ♦ NSIT Rosca estándar para conexiones de mangueras.
  - ♦ OS&Y Yugo con rosca exterior.
  - ♦ BB Bonete atornillado.
  - ♦ BC Tapa atornillada.
  - ♦ FF Capa plana - bridas.
  - ♦ RF Cara realzada.

### 5.5 VALVULAS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE PRESION.

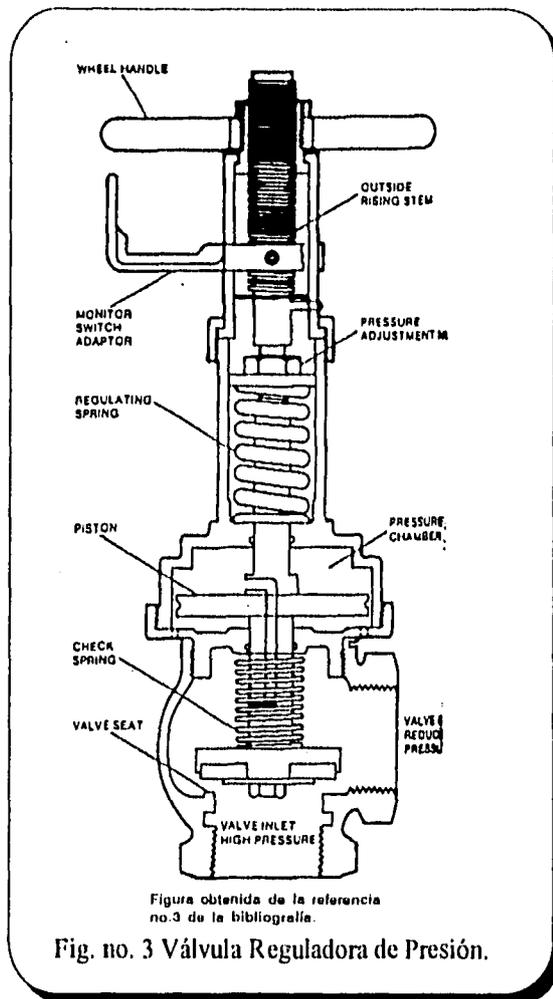
La selección de las válvulas incluye muchos factores y es preferible tener como referencia un sistema que facilite la selección. Se debe tener en cuenta, como mínimo las siguientes características básicas:

- Tipo de válvula.
- Materiales de construcción.
- Capacidades de presión y temperatura.
- Material de empaquetaduras y juntas.
- Costo.
- Disponibilidad.

Es importante que un diseñador tome en cuenta muchas cosas al seleccionar una válvula. Aunque el grado de importancia asignado a cada una puede variar; se otorga la máxima prioridad, en general, a las funciones de la válvula, si va a ser de paso, bloqueo, de regulación (estrangulación), de desvío o para evitar el flujo inverso. Las funciones de las válvulas, más que otra cosa se limitan a la elección, y éstas se agrupan en cuatro categorías:

- 1) Servicio de corte y paso:
  - Válvulas de compuerta.
  - Válvulas macho.
  - Válvulas de bola.
- 2) Servicio de estrangulación:
  - Válvulas de globo.
  - Válvulas de mariposa.
  - Válvulas de diafragma.
  - Válvulas de compresión.
- 3) Prevención de flujo inverso:
  - Válvulas de retención. (Check).
- 4) Diversos.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



Las válvulas capaces de controlar la presión en diferentes posiciones y a las condiciones que se establezca en la red generalmente son empleadas en un mecanismo activo que compensa la variación de presiones de entrada, balanceando la presión en una cámara interna con un resorte como se muestra en la figura no.3. Este es el funcionamiento principal de las válvulas reguladoras de presión. A continuación se enlistarán las características de los principales tipos de válvulas utilizadas en la industria.

#### 5.5.1 Válvulas de Compuerta.

La ventaja más importante de las válvulas de compuerta es que presentan poca restricción al flujo cuando están totalmente abiertas. Sin embargo, por los efectos de flujo dinámico contra la cuña que no tiene soporte, estas válvulas no son eficaces para la estrangulación. El traqueteo inducido por la velocidad del medio circulante contra una cuña parcialmente abierta más los ciclos frecuentes a la presión de la tubería, producen arrastre en el lado de corriente abajo que, combinado con la erosión, ocasiona desgaste del asiento y fugas.

Son accionadas por la torción de un disco, que hace que la válvula quede abierta, por lo que para abrir la válvula es necesario dar de 2 a 4 vueltas en el vástago, y en caso de que ocurra algún desastre se llevaría mucho tiempo abrir la válvula lo que pondría en peligro la vida del ser humano que la esté abriendo.

Con la apertura total y en el manejo de pastas aguadas, se acumulan sólidos en la cavidad del asiento e impiden el cierre total lo que ocasiona desgaste en el asiento, y en este tipo de válvula el asiento está integrado a la válvula por lo que, si sufre un desgaste habría que cambiar por completo la válvula. Además hay que cambiar con frecuencia las empaquetaduras porque son de vueltas múltiples y puede haber desgaste serio en el vástago.

Hay disponibles algunos diseños modificados para eliminar algunas de esas limitaciones. El más común es la compuerta de cuña dividida en la cual el sello es un disco dividido; el sellamiento depende de la torción aplicada en el volante o la manija, en vez de que sea en la presión corriente arriba, sin olvidar que cualquier tipo de válvula de compuerta es muy pesada lo que dificulta su instalación, ya requiere de un soporte especial. Con respecto a otras válvulas es una de las más económicas si no es que es la más económica, y provoca una caída de presión menor que otras.

Si se desea poner controladores automáticos para abrir la válvulas, no se podrían colocar ya que la forma en que abre la válvula completamente es por torción de un disco.

#### 5.5.2 Válvulas de Globo.

El uso principal de la válvula de globo es para la estrangulación porque puede producir una caída repetible de presión en una amplia gama de presiones y temperaturas. Sin embargo, tiene baja capacidad y duración limitada del asiento debido a la turbulencia.

Su mantenimiento es costoso porque el sellamiento es de metal, aunque ya hay asientos de materiales elastoméricos. Estas limitaciones explican por qué son inadecuadas para servicio con pastas aguadas.

### 5.5.3 Válvulas de Mariposa.

Estas válvulas, junto con las de bola, han compartido gran proporción de los esfuerzos de investigación y desarrollo para el empleo de nuevos materiales de construcción, en particular elastómeros y plastómeros para cuerpos, asientos y sellos. Este esfuerzo ha permitido lograr una nueva línea de válvulas.

Las válvulas de mariposa son sencillas, pequeñas, de poco peso y de costo relativamente bajo, ya que existen otras válvulas más baratas, y se compensa en el costo de mantenimiento de la válvula ya que si alguna de sus partes se desgasta, se puede intercambiar fácilmente por un nueva sin tener que comprar otra válvula. Su circulación rectilínea minimiza la acumulación de sedimentos y produce poca caída de presión. Otra ventaja es que son de 1/4 de vuelta. Los tipos más recientes son para manejo de grandes volúmenes de líquidos, gases o pastas aguadas y están disponibles en tamaños desde 2 in hasta más de 2 ft.

Algunos tipos tienen asientos duros con sellos anulares alrededor del disco; otros, pueden tener asiento blando y disco descentrado. El diseño se determina por los requisitos de servicio que puede incluir temperaturas de 1000°F a - 32° F, cierre hermético a  $1 \times 10^{-5}$  Torr, y presiones en aplicaciones especiales, hasta de 1500 psi. Subsisten algunos problemas de sellado y torsión y es difícil estrangular con una válvula de mariposa entre las posiciones de 60° de apertura y apertura total. Si se desea colocar accionadores automáticos para abrir las válvulas se pueden colocar fácilmente ya que éste tipo de válvula abre por completo con un cuarto de vuelta, y si se desea operar manualmente no requiere de grandes esfuerzos y se abre en poco tiempo, lo que ayudaría en caso de algún desastre a salvaguardar la vida del ser humano que vaya a abrirla.

Además por ser de poco peso es fácilmente montable y no necesita de soportes especiales.

Como ya se mencionó, aunque por su circulación rectilínea evita sedimentos, produce una mayor caída de presión que otras válvulas, lo que ocasiona que la bomba sea más grande o de mayor capacidad, pero se puede compensar con el sobrediseño de la bomba.

### 5.5.4 Válvulas de Bola.

La válvula de bola tiene ventajas inherentes de baja torsión de operación, buenas características de estrangulación y capacidad para alto volumen de flujo. Este diseño adquirió importancia para las válvulas de alto rendimiento cuando la tecnología de elastómeros y plásticos ofreció materiales confiables y repetibles para los asientos y sellos. Por ejemplo, el

TFE tiene las propiedades químicas y mecánicas convenientes para trabajar en una amplia gama de temperaturas, presiones y propiedades de los fluidos.

#### 5.5.5 Válvulas de Macho.

Su diseño sencillo y sin complicaciones se ha conservado desde hace mucho tiempo, debido a que es una válvula de apertura y cierre rápido, y operación con 1/4 de vuelta, a un costo mínimo. Las limitaciones básicas de las válvulas de macho son los problemas con la torsión y los asentamientos. En las válvulas antiguas se utilizaban sellos de metal con metal, sin lubricación, pero había problemas por las pegaduras y desgaste. Aún así se emplean machos de este tipo en los tamaños hasta de 34 in y con capacidad hasta para 10 000 psi de presión.

Hay disponibles dos tipos estandar de válvulas macho. Uno, es el lubricado que resuelve los problemas de la fricción. Pero su uso está limitado por la compatibilidad química de la grasa y la atención constante a la lubricación. Las válvulas revestidas con un elastómero, como tetrafluoroetileno (TFE), cada día se utilizan más, aunque requieren altas torsiones. En algunos machos revestidos con elastómero se utiliza un resorte para empujarlo hacia abajo, pero su uso está limitado por la compatibilidad del material del resorte.

#### 5.5.6 Válvulas de Diafragma.

Estas válvulas, que son adecuadas en particular para manejo de pastas aguadas son básicamente para paso y corte, porque tienen características deficientes para la estrangulación con bajo volumen de circulación. Su ventaja principal es que consisten en un cuerpo, un bonete y un diafragma flexible y se ha eliminado el sello del vástago, pero su principal desventaja es el material del diafragma. Cuanto más inerte sea el material como el TFE, menos flexible es; cuanto más flexible sea el material como el caucho, menos será su compatibilidad química.

Estas válvulas tienen otras dos desventajas inherentes, pero menos serias. Requieren vueltas múltiples y la de tipo más común (sumidero) puede tener fugas si se acumula el material detrás del diafragma o si el sumidero se desgasta por erosión.

### 5.5.7 Válvulas de Retención. (Check).

Las válvulas de retención (check) son integrales y se destinan a impedir la inversión del flujo en una tubería. La presión del fluido circundante abre la válvula; el peso del mecanismo de retención y cualquier inversión en el flujo la cierran. Los discos y componentes móviles relativos a los mismos pueden estar en movimiento constante si la fuerza de la velocidad no es suficiente para mantenerlas en posición estable de apertura total.

Hay diferentes tipos de válvulas de retención y su selección depende de la temperatura, caída de presión que producen y la limpieza de fluido.

Varios tipos diferentes de válvulas son usadas como componentes en redes contra incendio, estas incluyen válvulas de compuerta, válvulas check, válvulas de globo, válvulas de mariposa y válvulas de bola. Las válvulas y los aparatos controladores de presión deben de ser capaces de suministrar y resistir las máximas presiones que se puedan desarrollar en el sistema. Estas se pueden observar en la figura no. 3 para conocer como están estructuradas cada una y conocer más sobre su funcionamiento.

De las características principales de las válvulas las más usuales son las de compuerta indicadores, ya sea por vástago saliente ó de poste. En la red de agua contra incendio cada ramal debe contar con una válvula seccional y se deben instalar suficientes válvulas seccionales en el sistema de tuberías de modo que al cerrarse dos consecutivas, quede fuera un máximo de 5 equipos de protección contra incendio.

En el cabezal de descarga de las bombas contra incendio debe instalarse un arreglo de válvulas seccionales, de modo que exista una válvula entre cada 2 descargas.

Si la tubería es subterránea, la válvula debe instalarse en un registro que permita un acceso fácil y rápido. El registro debe ser de dimensiones tales que permitan operar las válvulas sin obstáculos ó restricciones al movimiento. El registro deberá proteger a la válvula contra posibles daños causados por el tránsito de personas y/o vehículos.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

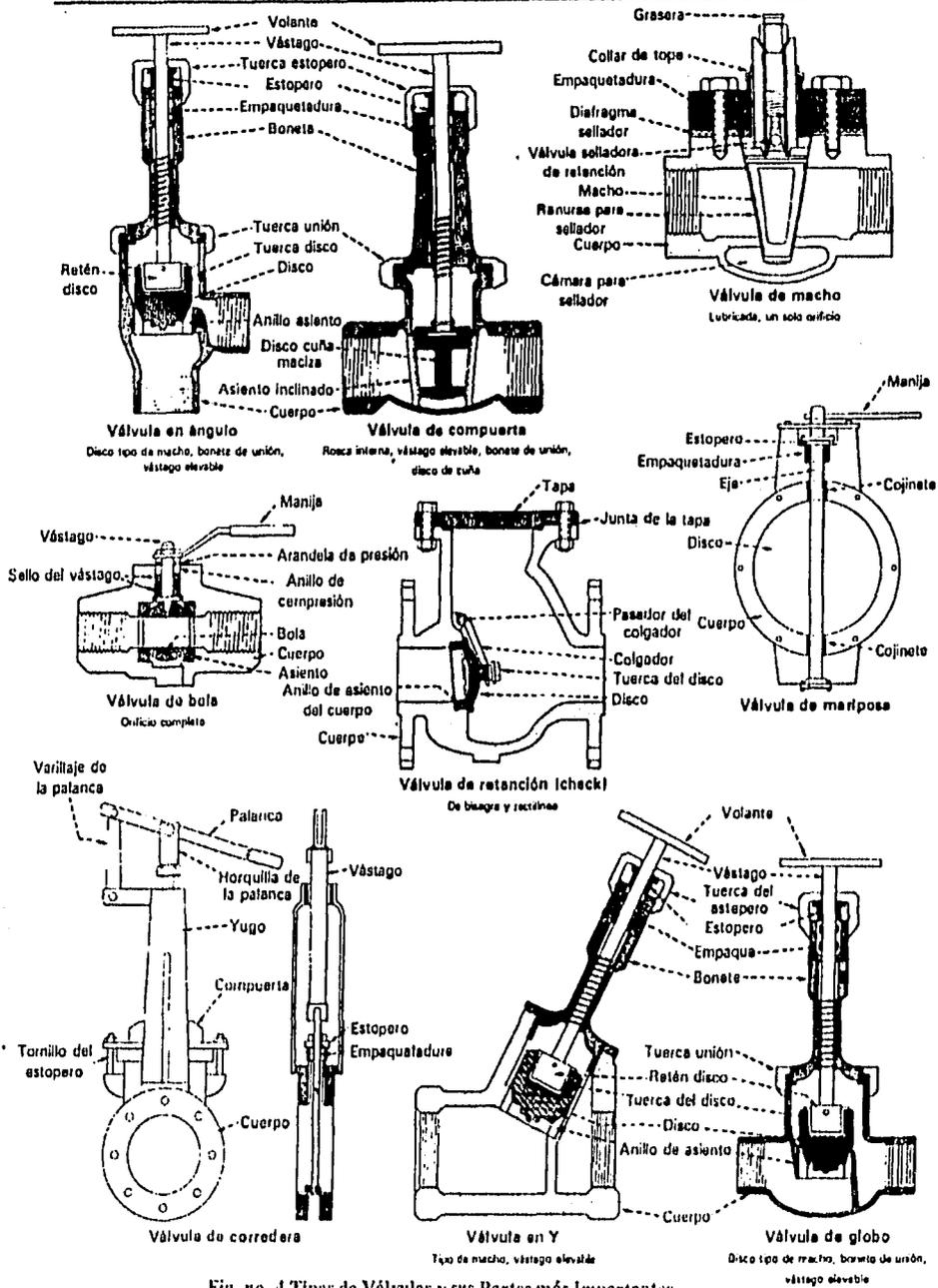


Fig. no. 4 Tipos de Válvulas y sus Partes más Importantes.

## DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

En toda la red de agua contra incendio las válvulas seccionales deberán permanecer aseguradas en abierto total, por medio de candados y cadenas; el control de las llaves será responsabilidad del departamento de seguridad de la planta.

El mantenimiento de las válvulas deberá ser mensual como mínimo para asegurar que:

- Permanezcan aseguradas en abierto.
- No tengan fugas por estoperos o bridas.
- Estén en buen estado físico.
- Accionen fácilmente.

Las válvulas de control, retención, de paso o seccionales son la parte de control en la red de agua contra incendio o cualquier proceso, por eso es de vital importancia mantenerlas en la mejor operación posible, y si en alguna se detecta algún problema se deberá avisar a la brevedad posible al departamento encargado para que se corrijan estas o en su caso se cambien.

## 5.6 MANGUERAS.

La determinación de los límites de seguridad de las conexiones de mangueras lógicamente deben ser considerados dos criterios:

1. La presión en la que la manguera se revienta.
2. El manejo de éstas.

Las mangueras usadas por el departamento contra incendios deben ser probadas periódicamente a 250 psi (1724 kPa) como lo indica la NFPA *Maintenance of Fire Hose, Including Connections and Nozzles*.

Las mangueras preconectadas en la red de agua contra incendios instaladas en nuevos sistemas deben probarse periódicamente a 150 psi (1034 kPa) como lo indica la NFPA *Fire Hose*. Aunque una manguera no puede fallar a estas presiones, la experiencia indica que a 175 psi (107 kPa) es aproximadamente la máxima presión a la cual una manguera puede maniobrar en incendios y que a 100 psi (690 kPa) es la máxima presión a la cual es manejable en entrenamiento. Por lo tanto, los instrumentos de control de presión, como las válvulas regularizadoras de presión, deben ser usadas en los límites de presión a 175 psi (1207 kPa) en conexiones de manguera sin las mangueras antes conectadas y 100 psi (690 kPa) en conexiones de manguera con mangueras antes conectadas.

Por último la seguridad puede exponerse a la prueba de presión mayor a 250 psi (1724 kPa) para uso del departamento de seguridad y para ocupantes de edificios o de instalaciones la prueba de presión a 150 psi (1034 kPa). En la tabla no. 5.3 podremos observar cuales son las presiones recomendadas para el uso de mangueras.

<b>Tabla no. 5.7 Presiones Recomendadas para Controles de Salida en Redes de Agua contra Incendio<sup>a</sup>.</b>		
<b>Uso en la Salida</b>	<b>Presiones recomendadas con instrumento que la regularice, cuando la presión se exceda.</b>	<b>Presión recomendada con válvulas de relieve, cuando la presión se exceda<sup>b</sup>.</b>
Conexión para manguera con manguera preconectada.	100 psi. (690 kPa) <sup>c</sup>	150 psi (1034 kPa)
Conexión para manguera sin manguera preconectada.	100 psi. (120 kPa) <sup>d</sup>	250 psi (1724 kPa)
Conexión para sistemas de espreas.	175 psi. (120 kPa) <sup>e</sup>	175 psi (1207 kPa)
<b>NOTAS:</b>		
<sup>a</sup> Presiones en sistemas de tuberías las cuales no se deben exceder los rangos en cualquier componente del sistema.		
<sup>b</sup> La presión de las válvulas de relieve son requeridas para sistemas de espreado por la NFPA 13 Sprinkler System, para aplicaciones similares.		
<sup>c</sup> Debido a que estos límites son menores que la presión mínima la cual puede ser requerida para conexiones de manguera Clase I.		
<sup>d</sup> En este ambiente son propiamente conectadas mangueras de 200 ft (6.1 m) para flujos aproximados de 250 gpm (947 l/min) o mas, de 2 in (51 mm) o 2 1/2 in (64 mm), 150 gpm (568 l/min) de 1 3/4 in (45 mm) y 125 gpm (473 l/min) de 1 1/2 in (38 mm).		
<sup>e</sup> Estas fueron determinadas a 165 psi (1138 kPa).		

Cuando las mangueras son preconectadas y requeridas en sistemas de Clase II y III, usualmente el tamaño escogido para la manguera es de 1 1/2 in (38 mm). No obstante el uso de éstas mangueras son permitidas por la NFPA 14 Installation of Standpipe and Hose Systems, en riesgos menores para ocupantes.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

El material de las mangueras deberá ser de 100 % de fibra de poliéster con forro interior de neopreno o hule natural o sintético vulcanizado de espesor uniforme; este forro interior debe tener un espesor mínimo de 1.02 mm (0.04 in), deben tener forros uno o más forros sin costura formados por una trama y una urdimbre cuyo tejido sea sin defectos, nudos, protuberancias ni torceduras, y ser aprobadas por NFPA y por Factory Mutual ó Underwrite Laboratories; y deberán soportar una presión de 200 psi por un lapso de 15 seg. ó un minuto sin sufrir roturas ni desacoplamientos y especificarse a una presión mínima de 500 psi.

Todas las pruebas hidrostáticas deben ser realizadas con la manguera equipada con sus conexiones. No deberá haber fugas, roturas de hilos, distorsión o movimiento de las uniones durante las pruebas. Estas pruebas deberán hacerse a una presión determinada de acuerdo al número de cubiertas que ésta contenga.

Es importante tomar en cuenta la pérdida por fricción que causan las mangueras de acuerdo al flujo y al diámetro de estas, como se muestran en la tabla 5.8.

<b>Tabla no.5.8 Perdidas por Fricción en Mangueras.</b>			
<b>Manguera de 2 1/2 in de diámetro.</b>		<b>Manguera de 1 1/2 in de diámetro.</b>	
<b>Q [gpm]</b>	<b>DP<sub>100</sub> [psi/100 ft]</b>	<b>Q [gpm]</b>	<b>DP<sub>100</sub> [psi/100 ft]</b>
150	508	30	3.6
200	10.1	40	6.1
250	15.3	50	9.1

Otra forma de calcular la pérdida por fricción en las mangueras es utilizando la ecuación de Darcy-Weibach la cual es la siguiente:

$$FL = \frac{fL}{2gD} \quad \text{ecuación 5.1}$$

donde:

g= aceleración de la gravedad, ft/sec<sup>2</sup> , ó (m/s<sup>2</sup>).

f= factor de fricción, número adimensional.

L= longitud de la manguera.

D= diámetro de la manguera en in, mm.

ó con ecuaciones recomendadas para calcular las pérdidas por fricción como se muestran en la tabla no 5.9.

<b>Tabla no.5.9 Ecuaciones Recomendadas para Calcular Pérdidas por Fricción en Mangueras.</b>		
Diámetro de manguera y tipo en in. (mm).	Ecuaciones para pérdidas por fricción	
	psi.	kPa.
1/4 (19) booster	FL = 1100q <sup>2</sup> L**	FL = 1741q <sup>2</sup> L**
1 (25) booster	FL = 150q <sup>2</sup> L	FL = 238q <sup>2</sup> L
1 1/4 (32) booster	FL = 80q <sup>2</sup> L	FL = 127q <sup>2</sup> L
1 1/4 (32) linen	FL = 127q <sup>2</sup> L	FL = 201q <sup>2</sup> L
1 1/2 (38) rubber-lined	FL = 24q <sup>2</sup> L	FL = 38q <sup>2</sup> L
1 1/2 (38) linen	FL = 51.2q <sup>2</sup> L	FL = 81q <sup>2</sup> L
1 3/4 (45) with 1 1/2 (38) coupling	FL = 15.5q <sup>2</sup> L	FL = 24.6q <sup>2</sup> L
2 (51) rubber-lined	FL = 8q <sup>2</sup> L	FL = 12.7q <sup>2</sup> L
2 (51) linen	FL = 12.5q <sup>2</sup> L	FL = 19.8q <sup>2</sup> L
2 1/2 (64) linen	FL = 4.26q <sup>2</sup> L	FL = 6.75q <sup>2</sup> L
2 1/2 (64) rubber-lined	FL = 2q <sup>2</sup> L	FL = 3.17q <sup>2</sup> L
2 3/4 (70) with 3 (76) coupling	FL = 1.5q <sup>2</sup> L	FL = 2.36q <sup>2</sup> L
3 (76) with 2 1/2 (64) coupling	FL = 0.80q <sup>2</sup> L	FL = 1.27q <sup>2</sup> L
3 (76) with 3 (76) coupling	FL = 0.677q <sup>2</sup> L	FL = 1.06q <sup>2</sup> L
3 1/2 (88)	FL = 0.34q <sup>2</sup> L	FL = 0.53q <sup>2</sup> L
4 (102)	FL = 0.2q <sup>2</sup> L	FL = 0.305q <sup>2</sup> L
4 1/2 (114)	FL = 0.1q <sup>2</sup> L	FL = 0.167q <sup>2</sup> L
5 (127)	FL = 0.08q <sup>2</sup> L	FL = 0.138q <sup>2</sup> L
6 (152)	FL = 0.05q <sup>2</sup> L	FL = 0.083q <sup>2</sup> L

\*\* q= gpm x 100

Los hidrantes exteriores deben contar con dos tramos de 30 m. cada uno de manguera. Es deseable que por lo menos un tramo esté permanentemente acoplado a una de las bocas del hidrantes o como se mencionó que sea preconectado.



Fig. no. 5 Colocación Típica de Mangueras.

Los hidrantes interiores, ó que protejan áreas interiores, deberán contar con 30 m. de manguera permanentemente conectada al hidrante, los hidrantes interiores no deberan ser considerados para proteger áreas exteriores.

Las conexiones deberán ser de bronce, la conexión hembra deberá tener permanentemente el empaque, la rosca debe ser estandar (  $2\frac{1}{2}$  in de diám. con 8 lpp,  $1\frac{1}{2}$  in de diám. con 11  $\frac{1}{2}$  lpp) como se ilustra en la tabla no. 5.5; las plantas deberán conservar las roscas existentes.

En plantas donde existan ambientes corrosivos, las mangueras deberán estar cubiertas para protegerlas de la acción de ácidos ó alcalis ó del ambiente, y el espesor mínimo del recubrimiento será 1.27 mm (0.05 in). Las boquillas debrán de ser de tres pasos:

- Cerrado.
- Chorro directo.
- Niebla.

Debe contarse con 1 boquilla por cada boca de hidrante, del diámetro adecuado.

Todas las mangueras, boquillas, conexiones y herramientas necesarias deberás estar protegidas de la intemperie y de la acción de materiales que pudieran afectarlos, colocandolas dentro de cajas de mangueras como se muestra en la figura no 5 y en la figura no. 6.

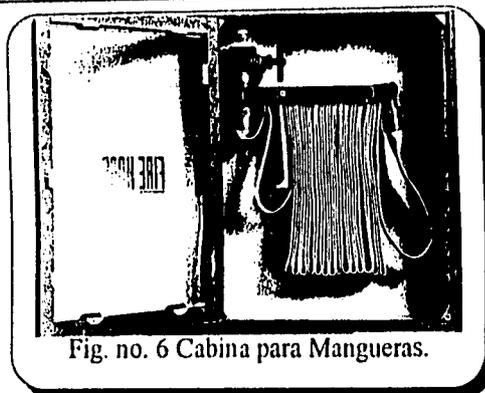


Fig. no. 6 Cabina para Mangueras.

Las características principales de éstas cajas son:

1. Pueden ser de madera, plástico, metálicas u otros materiales aprobados por el Corporativo de Seguridad y Seguridad de Plantas.
2. Deberán estar pintadas de rojo e identificarse numéricamente.
3. Las cajas deberán colocarse a 1 metro como máximo del hidrante.
4. La caja podrá contener al hidrante con la manguera permanentemente acoplada y la boquilla.
5. Las mangueras permanentemente acopladas al hidrante podrán estar colocadas en un carrete y deberán estar protegidas del ambiente para mantenerse secos y en buen estado físico.
6. La caja deberá tener una puerta que abra fácilmente ya sea por pasador ó tapa fácilmente quitable, no debe tener cerraduras ni candados.
7. No deberán instalarse cajas en las que deba romperse un cristal para sacar la manguera u operar el hidrante. El diseño de la caja debe ser tal que facilite sacar la manguera u operar el hidrante sin riesgos de lesionar al personal.
8. Las cajas de manguera deberán contener:
  - ♦ Dos tramos de manguera de diámetro adecuado.
  - ♦ Una llave universal para el hidrante y conexiones de manguera.
  - ♦ Una boquilla de tres pasos por cada hidrante boca del hidrante.
  - ♦ Una tarjeta de inspección con el contenido de la caja de manguera.
9. Las cajas de hidrantes exteriores que protejan áreas de alto riesgo ó que puedan proteger áreas interiores, deberán contener además de lo contenido en el punto anterior, por boca del hidrante:
  - ♦ Una conexión Y de 2 $\frac{1}{2}$ , 1 $\frac{1}{2}$  in.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

- Dos tramos de manguera de  $1\frac{1}{2}$  in, de diámetro, de 30 m. de largo cada una.
- Una llave universal para hidrante y conexiones para manguera de  $1\frac{1}{2}$  in. de diámetro.
- Dos boquillas de tres pasos de  $1\frac{1}{2}$  in. de diámetro.

10. Mensualmente debe inspeccionarse la caja en los siguientes puntos:

- Que contenga el equipo listado.
- Que esté en buen estado físico.
- Que el equipo que contiene esté en buen estado de operación.
- Que abra fácilmente.

#### 5.7 BOQUILLAS.

El Propósito principal de las boquillas es el dar forma a las corrientes de agua y el convertir la energía de la presión del agua a velocidad o energía cinética. El agua puede ser aplicada a el fuego en cantidades adecuadas y a una distancia adecuada, para éstos trabajo se requieren de boquillas especializadas, de las cuales existen dos divisiones:

- Para corrientes de sólidos.
- Para esprear agua.

Estas las podemos observar en la figura no.6. Las principales características hidráulicas de las boquillas son:

- El intervalo de flujo.
- El diámetro de la boquilla y
- La presión.

El intervalo de flujo es la cantidad de agua que sale de la boquilla por unidad de tiempo y es medida en galones por minuto o litros por minuto.

La presión en la boquilla es definida como la presión del Pitot, o la presión en la base de la boquilla. La presión del Pitot es usada sólomente para corrientes de sólidos y la presión en la base de la boquilla puede ser usada para ambos tipos de boquillas y se mide en  $\frac{lb}{in}^2$  o en kilopascales (kPa).

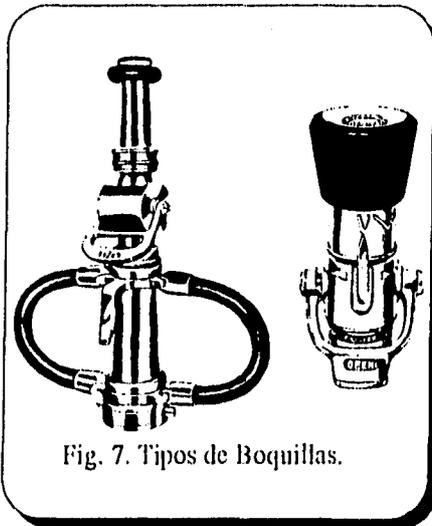


Fig. 7. Tipos de Boquillas.

Las boquillas que se utilizan para esprear agua tienen un ángulo fijo para esprear o puede ser ajustable desde casi una corriente recta a un ángulo amplio de espreado. El ángulo de espreado normalmente es medido en los ángulos entre los límites del núcleo espreado. Normalmente las corrientes directas son espreadas en ángulos de 30°, 60° y 90°. Las boquillas también se clasifican por tamaños de acuerdo al acoplamiento que existe con la manguera y la cantidad de flujo a esprear como se muestra en la tabla no. 5.10.

Tipo de boquilla.	Intervalo de flujo.	
	gpm.	L/min.
3/4 a 1 in. (19 a 25 mm).	10 - 40	38 - 151
1 1/2 in.	70 - 50	265 - 568
2 1/2 in. (64 mm).	200 - 300	757 - 1136
Boquillas maestras para corrientes	500	1,893
	750	2,839
	1,000	3,785
	1,250	4,732
	1,500	5,678
	2,000	7,570

El flujo de diseño usualmente se encuentra en los valores de 100 psi (690 kPa) en la presión de la boquilla. Para flujos a otras presiones puede ser obtenido utilizando la ecuación:

$$d_e = \sqrt{\frac{Q}{29.7} * \sqrt{P}} \quad \text{ecuación 5.2}$$

donde:

$d_e$  = diámetro equivalente de la boquilla en in.

P = Presión de la boquilla, psi.

Q = Flujo volumétrico en la boquilla, gpm.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

Para SI de unidades la fórmula sería la siguiente:

$$Q = 0.066 * d_m^2 * \sqrt{P_m} \quad \text{ecuación 5.3}$$

donde:

Q = Intervalo de flujo en L/min.

$d_m$  = Diámetro interno medio de la boquilla, en mm.

$P_m$  = Presión media de la boquilla, en kPa.

Existen otros tipos de boquillas que son usualmente usados para espumar espuma, como se muestran en la figura no. 7.

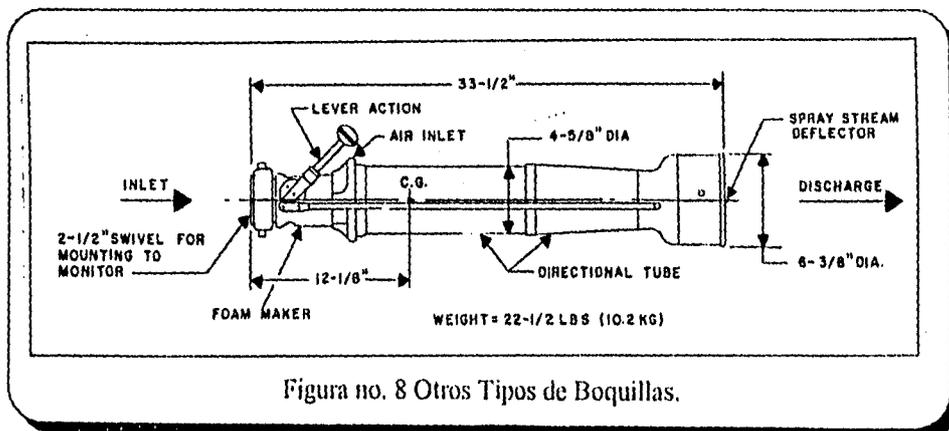


Figura no. 8 Otros Tipos de Boquillas.

Figura obtenida de la referencia no.3 de la bibliografía.

### 5.8 HIDRANTES.

Las características más importantes de un buen hidrante para protección de incendios son las siguientes:

El diámetro normal de la válvula inferior abierta será como mínimo de 4 in. (100 mm), para dos salidas de 2 1/2 in (64 mm) o salidas largas de 5 in. (125 mm), para tres salidas 2 1/2 in. (64 mm) o salidas largas de 6 in. (150 mm), para cuatro salidas de 2 1/2 in. (64 mm) o salidas largas del hidrante. Hidrantes que tengan la válvula inferior menor a 4 in. (100 mm) o salidas menores a 2 1/2 in (64 mm) son usualmente impropias para pruebas de laboratorios. La conexión entre el tubo del agua y el hidrante no debe ser menor a 6 in. (150 mm) de diámetro.

El área neta de el cañon del hidrante, la base y las pequeñas partes son menores al 120 % de la abertura de la válvula del agua.

Un tamaño libre del chorro de agua y bajas pérdidas por fricción. Con la descarga del hidrante a 250 gpm (946 L/min) en cada salida de manguera de 2 1/2 in ( 64 mm), la pérdida en la cabeza total del hidrante no de exceder de 2 psi ( 13.8 kPa). Para un hidrante con una salida de 4 1/2 in (114 mm) en un intervalo de descarga de 1000 gpm (3785 L/min), la máxima pérdida permiscible en la cabeza será de 5 psi (34.5 kPa). Para hidrantes diseñados para liberar más de 1000 gpm ( 3785 L/min), la máxima pérdida permiscible en la cabeza no deberá exceder de las 5 psi ( 34.5 kPa) cuando se intente descargar más de éste flujo.

Una operación positiva, resistencia a la corrosión , buen desagüe o el goteo en las válvulas, son cosas de las que se deberán tener más cuidado en la operación del hidrante.

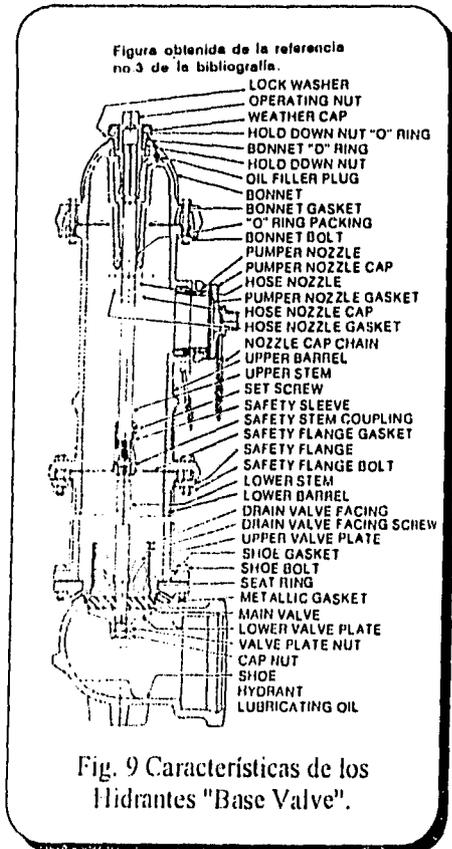
Un tamaño uniforme pentagonal de la tuerca operando deberá medir 1 1/2 in. (38 mm) da la base plana y 1 7/16 in. (36 mm) en la parte superior. Las áreas deberán disminuir uniformemente y la altura de la tuerca no deberá ser menor a 1 in. ( 25.4 mm).

Los bonetes del hidrante, los cañones, y las piezas de la base generalmente son hechas de hierro colado con las partes internas trabajadas en bronce. El revestimiento de las válvulas deberán ser sustituibles, de material accesible como caucho ó goma ó materiales compuestos. Los hidrantes disponibles existen en diferentes configuraciones de salidas.

### 5.8.1 Tipos de hidrantes.

Existen dos tipos de hidrantes en general que aún se usan. Los más

comúnes son los que tienen una válvula en la parte de abajo (base valve ó dry barrel) en la cuál la válvula controladora del agua es localizada entre la base del hidrante y el cañon del hidrante, como se muestra en la figura 9. El cañon en éste tipo de hidrantes es normalmente seco con agua existente admitida sólo cuando ésta se necesita. Una válvula de desagüe en la base del cañon es abierta cuando la válvula principal está cerrada, permitiendo al agua residual que hay en el cañon desagüe libremente. Este tipo de hidrantes es usado siempre que exista un cambio en la temperatura quiera bajar a congelamiento, ya que la válvula y el suministro de agua se encuentran subterráneas. Otro tipo de hidrantes son los de doble toma (como se muestran en la figura "E" y los de dos tomas con monitor como se



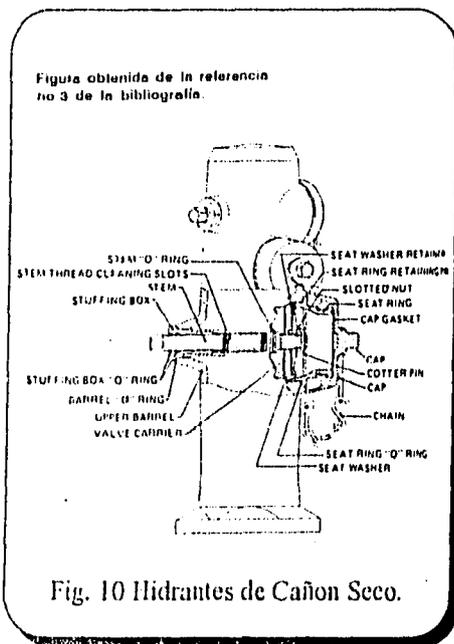
ilustran en la figura "A" de el apéndice A.

El otro tipo de hidrantes es de cañon seco ( o tambien conocido como tipo California.), el cual algunas veces es usado donde la temperatura permanece arriba de la temperatura de congelamiento del agua. Estos hidrantes usualmente tienen una válvula de compresión en cada salida, pero esta requiere de otra válvula en el bonete que es la que controla el flujo de agua en todas las salidas, como se muestra en la figura 10 .

5.8.2 Localización.

La distancia del los hidrantes es usualmente determinado por la demnada del flujo de agua en un incendio establecido en las bases del tipo de hidrante, tamaño, ocupación y exposición de las estructuras. Actualmente éste no es un método aceptado universalmente para establecer flujos en incendios y sistemas de espreado para extinción. La Insurance Services Office (ISO), tiene un procedimiento que fue desarrollado por insurance

rate-making y sólo es una propuesta. El procedimiento puede tener efecto para muchos años y es un valor que puede tener éxito en distancia recomendada entre hidrantes.



Como regla general, siempre que, el espacio entre hidrantes no exceda de 800 ft (245 m) entre hidrantes. En áreas cerradas o edificios 500 ft (150 m) o menos entre hidrantes.

Cuando los hidrantes se encuentran localizados en sistemas de agua privados y líneas de mangueras son usadas directamente de éstos hidrantes, deben ser localizadas para mantener las

líneas de mangueras cerca del incendio, preferentemente no mayor a 250 ft (75 m).

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

La Norma No. 2.431.01 Sistemas para Agua de Servicio Contra Incendio de Petroleos Mexicanos define la clasificación de hidrantes de la siguiente forma:

Los hidrantes deben ser diseñados para que por cada toma proporcione los consumos siguientes:

5.11 Figura no. Clasificación de Hidrantes.		
DIAMETRO NOMINAL	CONSUMOS	
	LPS	GPM
38 mm (1 1/2 ")	6	100
63 mm (2 1/2 ")	16	250

Las pérdidas a través del hidrante no deben ser mayores de  $0.14 \text{ kg/cm}^2$  ( $2 \text{ lb/in}^2$ ). Al estar trabajando con su gasto máximo.

En las instalaciones de proceso la tubería debe distribuirse de tal forma, que generalmente forme anillos, pudiendose instalar un máximo de 12 hidrantes y/o monitores en cada uno si el diámetro de la tubería lo permite.

Deben instalarse hidrantes en todas las áreas donde sean necesarios; pero en las áreas de proceso y almacenamiento de materiales combustibles se debe contar con un mayor número de éstos que en las áreas de almacenamiento general, edificios administrativos y oficinas en general. La cantidad de hidrantes debe determinarse de acuerdo con las condiciones de cada caso específico y con las normas de seguridad Nos. AI-1 y AII-1.

Cuando se requieran monitores en áreas de instalaciones industriales y de almacenamiento de productos inflamables y combustibles, su localización, capacidad y número, se debe decidir de acuerdo con los riesgos de cada área en especial.

En las áreas de instalaciones de proceso y almacenamiento de productos altamente inflamables, los hidrantes se deben colocar a una distancia entre 30 y 50 metros. En áreas de almacenamiento de productos inflamables a una distancia no mayor de 100 metros. En áreas de edificios administrativos, oficinas y almacenes de productos no inflamables a una distancia entre 75 y 90 metros. En el caso de edificios con varios pisos, cada

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

piso debe considerarse como un área diferente. En otras instalaciones debe cumplirse con lo dispuesto por las normas de seguridad correspondientes.

La presión de descarga en las tomas debe ser la necesaria para la operación de los equipos y dispositivos de seguridad y como mínimo para cubrir el riesgo mayor en cada caso particular, pero nunca menor de  $7 \text{ kg/cm}^2$  ( $100 \text{ lb/in}^2$ ) man. en la salida de hidrantes o monitores en las condiciones más desfavorables al 100% de capacidad del sistema.

De acuerdo con la American Water Works Association (AWWA C502-85 and AWWA C503-88) and Underwriters Laboratories Inc. (UL 246), los hidrantes deberán colocarse en una base completa con salidas de 18 in (0.46 m) de la parte de arriba y de igual forma de la parte de abajo está base será de plomo.

Un drenaje es necesario para hidrantes que están equipados con desagüe y pueden ser instalados excavando un pozo de 2 ft (0.61 m) de diámetro y 2 ft (0.61 m) de profundidad patiendo de la base del hidrante, y un terraplen a desnivel.

La NFPA 291. Fire Flow Testing and Marking indica de que color deberán estar los hidrantes de acuerdo a su capacidad de flujo, esto se podrá observar en la tabla 5.12.

<b>Tabla no. 5.12 Clasificación de Colores en Hidrantes.</b>		
<b>Clase.</b>	<b>Flujo.</b>	<b>Color del bonete y de la tapa de la boquilla.</b>
AA	1500 gpm o mayor.	Azul claro.
A	de 1000 gpm a 1499 gpm	Verde.
B	de 500 gpm a 99 gpm	Naranja.
C	menores a 500 gpm	Rojo.

La capacidad indicada con el color en la tabla 5.12 simplifica considerablemente con el uso de los colores y no usando un signo de trabajo para seguridad, peligro y condiciones inmediatas. Es importante mencionar que la mayoría de los hidrantes públicos se encuentra cromados y no tienen

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

ningún color. Los hidrantes privados en lugares publicos son normalmente pintados de rojo para distiguir de un hidránte público.

AMIS clasifica a los hidrantes para protección contra incendio en tres categorías:

- Chicos : Con boquereles de 1½ in. de diámetro. Estos se deberán usar en riesgos en que no se necesiten grandes volúmenes de agua para extinción de incendios y en los que las personas que manejan las mangueras puedan ser personas no capacitadas para manejar mangueras de mayor rendimiento.
- Medianos : Con boquereles de 2 in. de diámetro. Se usarán en riesgos en que se necesiten mayores volúmenes de agua ( que los que se usan en los chicos) y en que el personal, no está suficientemente entrenado para usar mangueras de mayor diámetro.
- Grandes: Con boquereles de 2 ½ in. de diámetro. Se usarán en riesgos de características diferentes a las anteriores, o sea aquellos en que se necesiten grandes cantidades de agua y el personal que va a usar las mangueras esté debidamente entrenado y capacitado para el empleo de este tipo de hidrante.

Los diámetros apropiados para los tres tipos de hidrantes se señalan a continuación:

Para tuberías matrices que alimentan a dos o más hidrantes:

2 ½ in	para hidrantes chicos.
3 in.	para hidrantes medianos.
4 in.	para hidrantes grandes.

Para tuberías de ramales que alimentan a un sólo hidránte:

2 in	para hidrantes chicos.
2 ½ in	para hidrantes medianos.
3 in.	para hidrantes grandes.

Cuando la longitud de las tuberías matrices y ramales excede de 100 m. los diámetros deberán ser mayores de las aquí señaladas.

El volumen de agua deberá ser suficiente para que dos hidrantes puedan descargar simultáneamente agua a la presión y volúmenes que a continuación se indican:

43 gpm.	para hidrantes chicos.
85 gpm.	para hidrantes medianos.
237gpm.	para hidrantes grandes.

Debido a que AMIS es una aseguradora y sus normas se rigen principalmente en NFPA y PEMEX nos enfocaremos a estas últimas.

Se debe instalar una toma siamesa como mínimo, conectada directamente al circuito principal ó a un ramal principal, por una línea de 4 in. de diámetro mínimo, con el fin de que el departamente de bomberos local pueda suministrar agua a la red desde sus pipas.

Las bocatomas de la siamesa deben localizarse por fuera de la propiedad, sobre una vía de fácil acceso.

La línea de conexión debe contar con una válvula check que permita el paso del agua únicamente hacia la red. El diámetro y tipo de rosca de las bocatomas será el especificado por los bomberos.

Los hidrantes deberán inspeccionarse mensualmente para asegurar que:

1. Las roscas esten en buen estado.
2. Las bocas tengan tapón cachucha (exteriores), el cual debe poderse quitar con la mano fácilmente.
3. Las válvulas no tengan fugas y se puedan abrir fácilmente.
4. No estén obstruidos.
5. Tengan targetas de inspección.
6. Estén en buen estado físico.
7. Los hidrantes interiores tengan la manguera acoplada.

### 5.9 MONITORES.

Los monitores son equipos diseñados para manejar grandes volúmenes de agua a suficiente presión, para combatir incendios desde una distancia segura como se muestra en la figura 11.

Los monitores deben estar provistos de boquillas regulables para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de niebla de 3 pasos. Deben estar provistos de mecanismos que les permitan girar 135° en el plano vertical y 360° en el plano horizontal desde tierra, sobre postes o estructuras elevadas y mantener estable la boquilla en la dirección deseada.

Cuando se requieran de monitores en las instalaciones industriales y de almacenamiento de productos inflamables su localización, capacidad y número debe decirse de acuerdo con el alcance que tengan de chorro y niebla.

La presión mínima que debe llegar hasta el cañon de monitor será como mínimo 50 psi., en las condiciones más desfavorables y el 100 % de capacidad del sistema.

Para ampliar el área protegida, los monitores se colocaran sobre plataformas y se les protegera con un barandal. La escalera de acceso deberá situarse hacia el lado menos expuesto a un posible incendio.

La válvula de bloqueo de los monitores elevados deberá situarse cerca del piso para facilitar su operación.

La línea de alimentación se conectará a la red de agua contra incendio mediante un codo de 90°, de 102 mm. (4 in) y en ésta conexión debe instalarse una válvula de compuerta o de cierre rápido o de bola del mismo diámetro y será este el diámetro hasta el monitor. Se procurará que estos ramales sean lo más corto posible.

Cuando se instalen tomas de agua en la línea de alimentación de los monitores, ésta línea deberá ser de 152 mm (6 in).

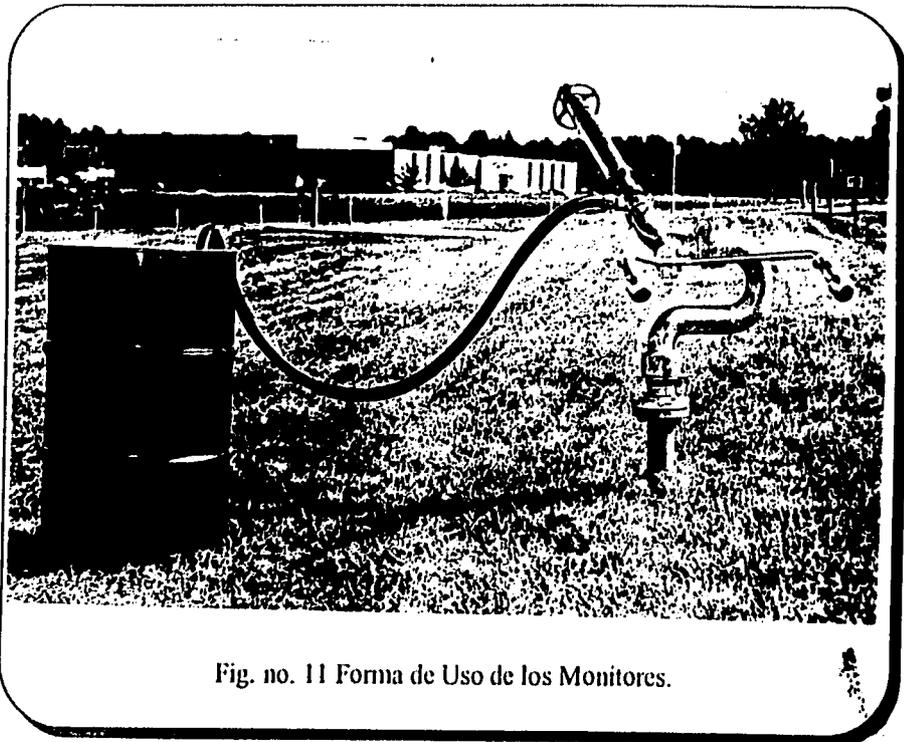


Fig. no. 11 Forma de Uso de los Monitores.

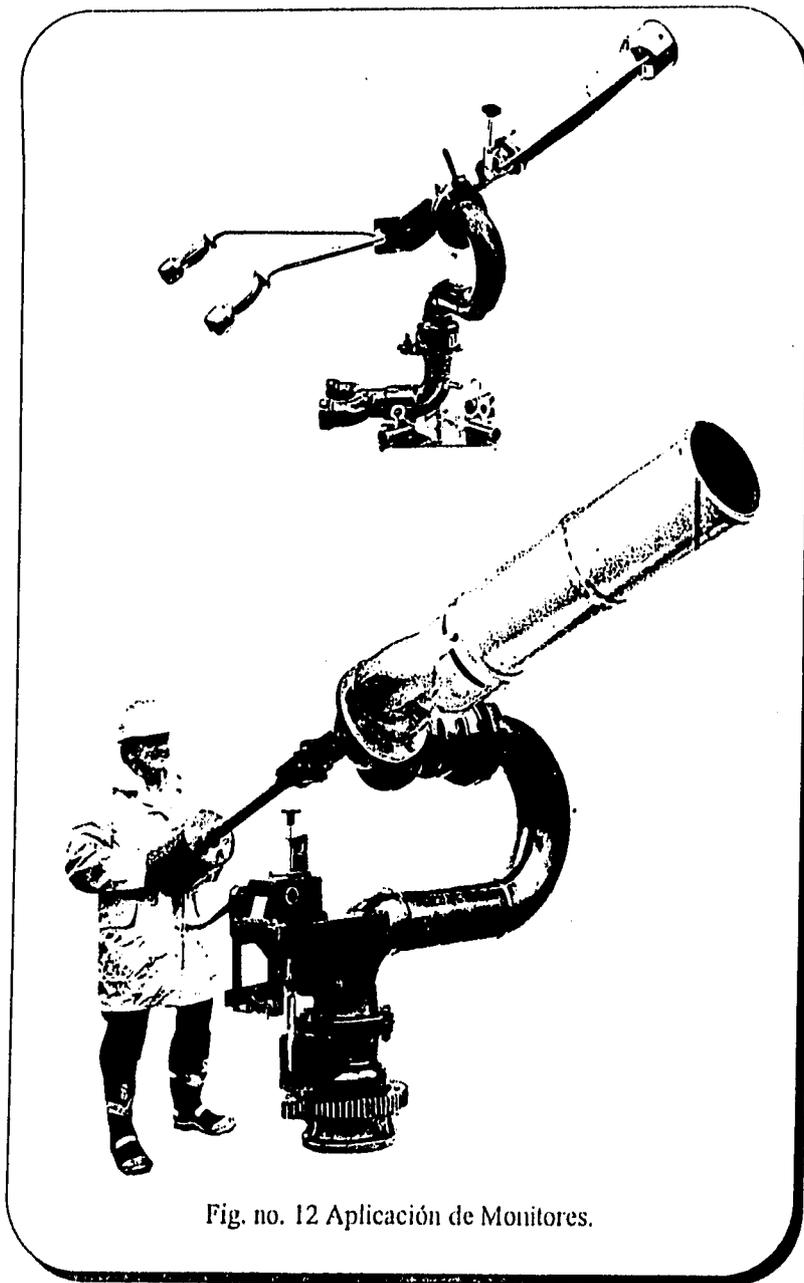


Fig. no. 12 Aplicación de Monitores.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

Se deberán usar para proteger equipos y estructuras elevadas, en áreas de almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles y en áreas donde se almacenen grandes estibas de material combustible. Los monitores serán del tipo aprobado por Factory Mutual o Underwriters Laboratories como se muestra en la figura no. 12.

Los monitores deben proporcionar un flujo de 500 a 750 gpm o bien, deben diseñarse para que cada uno proporcione el gasto requerido de acuerdo a las instalaciones de proceso, ya sean refinerías o plantas petroquímicas, según la tabla siguiente:

PROCESOS.	CONSUMO	
	LPS	GPM
De refinación	31	500
De petroquímica	63	1,000

Los monitores deben localizarse de modo que cubran totalmente el área que protegen, de acuerdo a un estudio específico de la necesidad de cobertura que realizará el departamento de seguridad de la planta.

Los monitores deberán inspeccionarse mensualmente en los siguientes puntos:

- Deben girar fácilmente.
- El volante elevador debe estar engrasado y funcionar correctamente.
- La válvula de control debe funcionar correctamente y no presentar fugas.
- La boquilla no debe estar obstruida.
- Deben estar en buen estado físico.

Además los monitores deberán estar pintados de color rojo e identificados numéricamente. En áreas donde los monitores e hidrantes protejan áreas con líquidos inflamables o combustibles, deberán con dispositivos proporcionadores de espuma baja-expansión del tipo adecuado a los materiales, de acuerdo a un estudio específico de la necesidad de cobertura que realizará el depto. de seguridad de la planta.

5.10 SISTEMA DE BOMBEO.

En ésta sección hablaremos acerca de las bombas contra incendio; es necesario aclarar que el tipo de bombas que son las más comunes y usadas en la protección contra incendios son las bombas centrífugas, y ésto se debe a que el tipo de curvas Presión vs Flujo (H vs Q) de agua que presentan son las más convenientes (ver figura 13), y de las bombas de combustión interna ya que éstas no requieren de energía eléctrica, lo cual es conveniente ya que un incendio como ya lo vimos en el capítulo 1, una de las causas por las que se puede originar un incendio es por fallas eléctricas o cortos circuitos, además que se mencionaran otros tipos de bombas.

Las causas principales por las que las bombas centrífugas son las más usadas es debido a que se considera una bomba estandar, de fácil mantenimiento, son confiables, son compactas (ésto se refiere a que ocupan poco espacio), buenas características hidráulicas, una variedad de manejo disponibles ( por motores eléctricos, turbinas de vapor, y de combustión interna).

La principal información que existe acerca de éstas es en la NFPA 20 Instalación of Centrifugal Fire Pumps, y otros documentos que contienen información referente a éstas como en la NFPA 11, NFPA 11A, NFPA 13, NFPA 14, NFPA 15, NFPA 16, NFPA 24 y NFPA 26. (ver anexo de bibliografía).

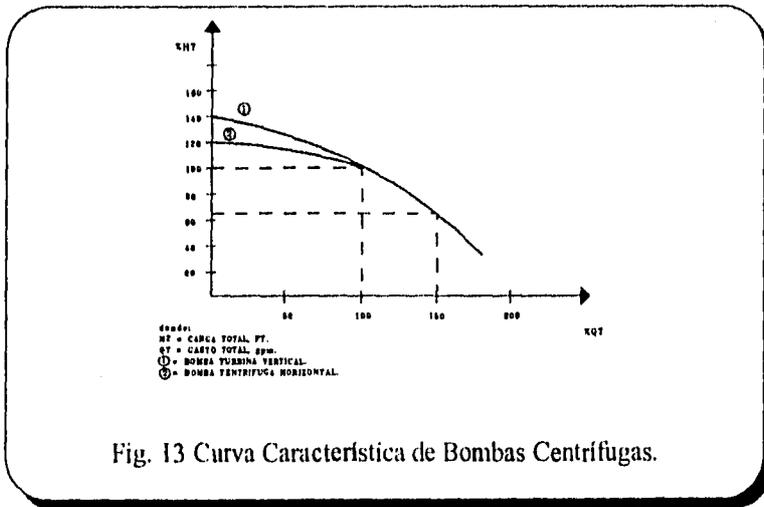


Fig. 13 Curva Característica de Bombas Centrífugas.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

Una notable descripción de una bomba centrífuga horizontal o vertical es, la relación de presión descarga a velocidad constante, se refiere a que si la cabeza de presión ( $H$ ) es incrementada, la descarga ( $Q$ ) es reducida. Con bombas de desplazamiento, no obstante, el intervalo de capacidad puede ser mantenida a cualquier cabeza si el poder de ésta es

adecuado para operar la bomba en el intervalo de velocidad y si la bomba es apropiada, y la tubería puede resistir la presión.

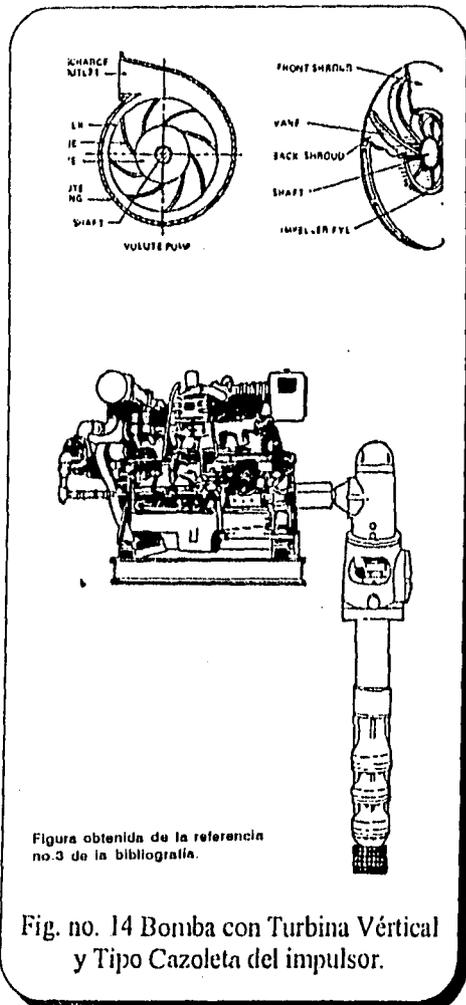


Figura obtenida de la referencia no.3 de la bibliografía.

Fig. no. 14 Bomba con Turbina Vértical y Tipo Cazoleta del impulsor.

El listado de bombas centrífugas verticales y horizontales son disponibles con intervalo de capacidad que oscila de 25 a 5000 gpm (95 a 18925 L/min). En intervalos de presión estimados de 40 a 394 psi (276 a 2758 kPa) para bombas horizontales y 26 a 510 psi (517 a 3448 kPa) y para bombas con turbina vertical, las cuales son como se muestran en la figura 14. El listado de bombas centrífugas diseñadas incluyen bombas de succión y descarga horizontal, en línea, de caja dividida (de flecha horizontal y vertical), y tipos de turbina vertical. Las bombas de turbina vertical son bombas centrífugas con uno o más impulsores que descargan dentro de una o más cazoletas y una vena vertical que conecta la

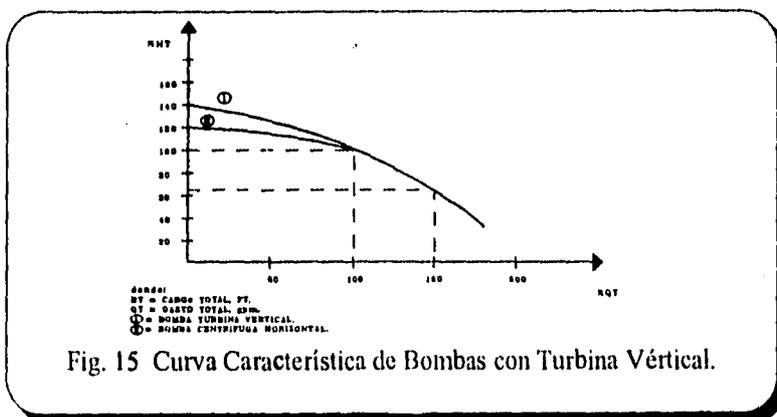
cazoleta a la cabeza de descarga en la cual el manejo de la bomba es montada, estos datos lo podemos ver en la tabla 5.13.

Tipos de Bombas.	Intervalo de Presión.		Intervalo de Capacidad.	
	psi	kPa.	gpm.	L/s
Succión y descarga horizontal.	40-186	276-1282	25-499	1.6-31.5
En línea.	40-186	276-1282	25-499	1.6-31.5
De caja dividida.	40-294	276-2717	150-5000	9.5-315.4
Turbina vertical	26-510	179-3516	250-5000	15.8-315.4

El tamaño de la bomba centrífuga es generalmente el diámetro de salida en la descarga. Sin embargo, esto alguna veces es indicado por ambas, en el diámetro de la tubería de succión y descarga. El tamaño de la bomba de turbina vertical se refiere al diámetro de la cazoleta del impulsor, como se observa en la figura 14.

Las curvas características de las bombas con turbina vertical u horizontal son como se muestran en la figura 15

1. La cabeza total vs la descarga ( pies de cabeza o libras por pulgada cuadrada de presión contra galones por minuto).
2. Caballo de fuerza contra descarga.
3. Eficiencia contra descarga vs gpm .



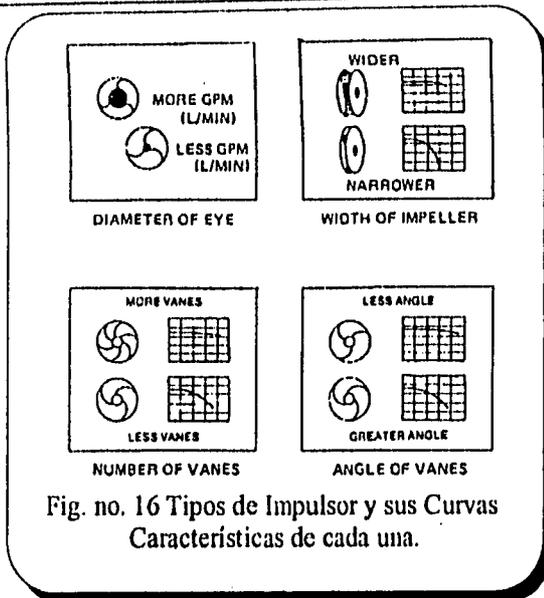


Fig. no. 16 Tipos de Impulsor y sus Curvas Características de cada una.

En

éstas curvas se asume que la bomba esta en operación a velocidad constante en un intervalo de rpm.

Los intervalos de flujos y presión de bombas comerciales son usualmente establecidos basándose en un máximo de eficiencia a una

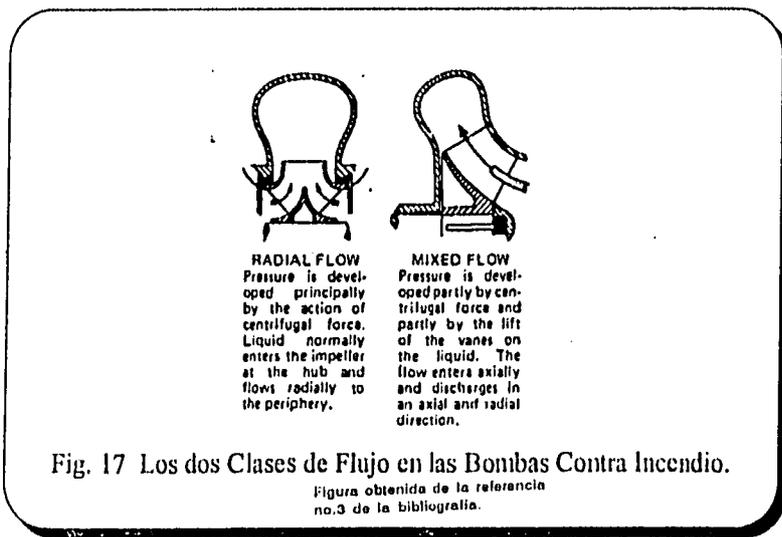


Fig. 17 Los dos Clases de Flujo en las Bombas Contra Incendio.

Figura obtenida de la referencia no.3 de la bibliografía.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

velocidad deseada. Los impulsores pueden ser diseñados con características de cabeza de descarga plana, mediana o de paso, como se requiere para diferentes usos. Las figura 16 y 17 ilustran como la curva de cabeza de descarga es afectada por el diámetro del ojo, el ancho del impulsor, el número de paletas, la forma o el ángulo de las paletas y la forma del flujo a la succión.

La cabeza total de una bomba, es la energía impartida al líquido cuando va pasando através de la bomba, puede ser expresada en varias unidades de presión, pero para protección contra incendios es dada en , psi o kPa, o en pies o metros de líquido medido verticalmente.

La cabeza total es calculada, por medio de la sustracción de energía en el líquido entrante a la energía del líquido de descarga. El total de cabeza (H) se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$H = h_d + h_{vd} - h_s - h_{vs} \quad \text{ecuación 5.4}$$

en donde:

H = es la cabeza total.(ft, o m).

$h_d$  = cabeza de descarga (ft, o m).

$h_{vd} = \frac{v_d^2}{2g}$  = cabeza velocidad de descarga. ( ft, o m).

$h_s$  = cabeza de succión (ft, o m).

$h_{vs} = \frac{v_s^2}{2g}$  = cabeza velocidad de succión (ft, o m).

v= velocidad promedio ( ft/seg, o m/seg).

g= aceleración debido a la gravedad.

Para la bomba horizontal de caja dividida las cabezas individuales ( $h_v$ ) son medidas en la descarga de la bomba através de una paleta en la boquilla y con una paleta en la succión. Las cabezas pueden ser leidas desde los medidores de presión (barómetro, manómetro, etc.). La velocidad del líquido puede ser calculado por el volumen del líquido que pasa através de las paletas o utilizando la siguiente ecuación de continuidad:

$$Q = V \times A \quad \text{ecuación 5.5}$$

donde:

Q= flujo de agua, gpm

V= velocidad del líquido, ft/seg ó m/seg

A= área transversal de la tubería.

donde:

$$A = \frac{\pi}{4}d^2 \quad \text{ecuación 5.6}$$

donde:

d= diámetro de la tubería

### 5.10.1 Velocidad Específica.

La velocidad específica es un número relativo de la cabeza ,capacidad y velocidad de una bomba centrífuga para propuestas de diseño. Actualmente la velocidad específica son las revoluciones por minuto de un impulsor geoméricamente similar que descargará 1 gpm (3.8 L/min) a 1 ft (0.3m) de cabeza total. La fórmula para calcular la velocidad específica de una bomba centrífuga es:

$$N_s = \frac{rpm \times gpm^{1/2}}{H^{3/4}} \quad \text{ecuación 5.7}$$

donde:

$N_s$  = es el número de la velocidad específica y

$H$  = es la cabeza en pies (ft, o m).

rpm = revoluciones por minuto de la bomba.

gpm = galones por minuto que pasan por la bomba.

Cuando los valores de cabeza, velocidad y capacidad, en la fórmula, corresponden al desarrollo de la bomba en una eficiencia óptima, la velocidad específica es un índice para el tipo de bomba. Los impulsores para grandes cabezas usualmente tienen bajas velocidades específicas, e impulsores para bajas cabezas tienen altas velocidades específicas.

Una bomba de baja velocidad específica operará satisfactoriamente con una mejor altura de la succión de la bomba de igual cabeza y capacidad con una velocidad específica alta. La experiencia nos muestra que la velocidad específica es una guía eficaz para determinar la máxima altura de succión o la mínima cabeza de succión.

Cuando la altura succión excede 15 ft (4.5 m), ésto puede ser necesario para poner una gran bomba a su velocidad mínima. Con poca altura o cabeza positiva en la succión, una bomba pequeña operando a gran velocidad puede ser usada. Una gran altura de succión anormal puede reducir seriamente la capacidad de la bomba y eficiencia o causar vibración excesiva o cavitación.

## 5.10.2 Leyes de Afinidad.

Una forma muy práctica de cambiar las condiciones de la bomba sin tener que comprar otra, es lo que podemos calcular utilizando las leyes de afinidad, que nos dice que al cambiar el diámetro del impulsor que potencia podremos alcanzar o disminuir según sea el caso o que cabeza obtendremos, no es necesario tener que cambiar el impulsor para cambiar las condiciones de bombeo, sólo basta con variar la velocidad de ésta y obtendremos otras condiciones diferentes a las que teníamos. Como podemos observar ésta es una herramienta muy valiosa, y las relaciones que las leyes nos dan son las siguientes:

Primera ley:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} ; \frac{H_1}{H_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} ; \frac{bhp_1}{bhp_2} = \frac{N_1^3}{N_2^3} \text{ ec's. 5.8, 5.9, 5.10}$$

Segunda ley:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} ; \frac{H_1}{H_2} = \frac{D_1^2}{D_2^2} ; \frac{bhp_1}{bhp_2} = \frac{D_1^3}{D_2^3} \text{ ec's. 5.11, 5.12, 5.13}$$

donde:

$Q_i$  = capacidad de flujo en gpm (o L/min) a  $D_i$  o  $N_i$ .

$H_i$  = cabeza en ft (o m) a  $D_i$  o  $N_i$ .

$bhp_i$  = caballos de poder en kW a  $D_i$  o  $N_i$ .

$D_i$  = diámetro del impulsor en ft (o m).

$N_i$  = velocidad en ft/seg (o m/seg).

La primera ley es aplicable para cualquier tipo de bombas, incluyendo bombas centrífugas horizontales y bombas de turbina vertical.

La segunda ley aplica para bombas centrífugas con un ajuste razonablemente cerca entre en calculado y el de diseño.

Generalmente las bombas con bajas velocidades específicas muestran un ajuste cercano a las bombas con velocidades específicas altas.

Las leyes de afinidad deben ser aplicadas cuando se proponga un cambio en la instalación de la bomba contra incendio, incrementando la velocidad o significativamente aumenta la presión de succión de suministro.

La máxima velocidad podría incrementar la demanda de poder, la alta descarga de presión podría ser no deseable. En cierta instancia, es posible ajustar el impulsor o el instalar un mecanismo de transmisión que reduzca la velocidad entre la bomba e impulsor. De cualquier forma éste no debe ser hecho sin la aprobación del fabricante de la bomba. Para bombas que están operando bajo posibles cambios de operación su diseño debe ser estudiado cuidadosamente, porque su velocidad máxima en la línea de succión puede causar cavitación y alterar substancialmente las características de la curva.

### 5.10.3 Tipos de Bombas.

Las bombas centrifugas horizontales contra incendio, hay de dos tipos:

- De caso dividido
- De succión final.

La bomba de succión final es manufacturada por las especificaciones de ANSI para bombas centrifugas y es limitada para capacidades menores a 500 gpm (1893 L/min). Estos límites no lo son en las capacidades de la bomba contra incendio de caso dividido, pero la máxima capacidad para bombas contra incendio listadas son generalmente de 5000 gpm (18 925 L/min).

### 5.10.4 Localización y Cuartos de Bombas Centrifugas.

Las bombas contra incendio están en cuartos en edificios de resistencia al fuego o construcciones no combustibles. Aún cuando el clima sea moderado no hay peligro o congelamiento suficiente para proteger contra la suciedad, corrosión y deterioro. La separación estructural del cuarto de bomba de otras partes del lugar es deseable.

Los cuartos de bombas y los equipos de poder deben estar libres lo más posible de exposiciones al fuego, explosiones, y daños por tormentas (vientos fuertes).

El propósito fundamental del compartimento de bombas contra incendio es el mover agua con una adecuada presión desde una fuente hasta el fuego. Como fuente nos referimos a las primarias y secundarias antesmencionadas. Las bombas contra incendio pueden ser instaladas en

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

aparatos especializados como son tanque--camiones, plataformas elevadas, aviones, etc.

Luz, calor, ventilación, y drenaje es de lo que deben estar provistos los cuartos de bombas. Un lugar seco sobreespecificado es preferente. Para una unidad de combustión interna el calor, la ventilación y la sobreespecificación del lugar son esenciales.

Los cuartos de bombas deben ser lo suficientemente grandes para un fácil acceso para todo el equipo y para las inspecciones y mantenimiento.

Las bombas contra incendio preferentemente deben estar localizadas lo más cercano posible a aquellas áreas donde la protección es muy importante. En algunos lugares grandes puede ser necesario el contar con más de un punto de abastecimiento con el fin de obtener el mejor sistema de distribución. Cuando una bomba se coloca en un lugar aislado, a ésta se le deberá tener cuidados especiales .

El cuarto de bombas o de máquinas generalmente son equipadas con bombas centrífugas y los accesorios necesarios para regular la presión y las operaciones principales. Las bombas de pistón, mecanismo rotatorio y de aspas rotatorias son usadas para propósitos especiales, como son el utilizar las bombas para alcanzar altas presiones.

Dos de las características importantes de las bombas contra incendio son:

1. La capacidad de descarga, y
2. La presión de descarga.

Estas características se comprenden la salida final de la bomba. El intervalo de descarga, también conocido como el intervalo de flujo, o volumen, es la cantidad de agua bombeada por unidad de tiempo; como son galones por minuto o litros por minuto. La presión de descarga es indicada por los indicadores de presión, y la presión a la cual la bomba está bombeando el agua. La presión de descarga está en libras por pulgada cuadrada (psi), o kilopascales (kPa). El intervalo de las bombas son de acuerdo al intervalo de flujo a 150 psi (1034 kPa) de descarga, y el intervalo generalmente va de 500 gpm a (1893 L/min) a 2000 gpm (7571 L/min). Estas bombas son también requeridas para suministrar el 70 % de estos intervalos de capacidad a 200 psi (1379 kPa) y al 50 % del intervalo de capacidad a 250 psi (1724 kPa) como se puede observar en la tabla 5.14.

Tabla no. 5.14 Bombas Estadares.					
Intervalo de flujo.		70 % de velocidad del intervalo de flujo.		50 % de velocidad del intervalo de flujo.	
gpm @ 150 psi.	L/min @ 1034 kPa.	gpm @ 200 psi.	L/min @ 1379 kPa.	gpm @ 250 psi.	L/min @ 1724 kPa.
500	1,893	350	1,325	250	946
750	2,839	525	1,987	375	1,419
1,000	3,785	700	2,650	500	1,893
1,250	4,732	875	3,312	625	2,366
1,500	5,678	1,050	3,975	750	2,839
1,750	6,624	1,225	4,637	875	3,312
2,000	7,571	1,400	5,300	1,000	3,785

Las bombas centrífugas de desplazamiento no positivo, consisten esencialmente de un par de discos rotatorios escalados cubiertos por divisiones curvadas las cuales son de aspas escaladas. Estos se ensamblan sobre el impulsor. Generalmente, los aparatos de las bombas contra incendio son multi-etapas, y son usualmente dos, estos permiten descargar posteriormente intervalos de flujo grandes a bajos flujos y altas presiones. La proposición de bombas multi-etapas es para obtener operaciones más efectivas a bajas velocidades.

Para calcular la potencia de las bombas cuando no se tienen disponibles curvas de Q vs H de éstas, se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$BHP = \frac{H \times Q \times SpGr}{3960} \quad \text{ecuación 5.14}$$

donde:

- BHP = Potencia teórica de la bomba .
- H = Cabeza total de la bomba, ft.
- Q = Flujo que maneja la bomba, gpm.
- SpGr = Gravedad específica.

La gravedad específica es la relación que existe en la densidad del fluido que se está manejando y la densidad del agua.

Para calcular la potencia real de la bomba se tiene que considerar la eficiencia de ésta como se muestra a continuación:

$$HP = \frac{BHP}{\eta_T} \quad \text{ecuación. 5.15}$$

donde:

BHP = Potencia teórica de la bomba.

$\eta_T$  = Eficiencia total de la bomba.

Para calcular la eficiencia total de la bomba se tiene que considerar las siguiente ecuación:

$$\eta_T = \eta_B \times \eta_T \times \eta_M \quad \text{ecuación. 5.16}$$

donde:

$\eta_B$  = Eficiencia de la bomba.

$\eta_T$  = Eficiencia de la transmisión ( para transmisiones directas = 0.7 a 0.9 ).

$\eta_M$  = Eficiencia del motor ( para motores eléctricos = 0.9 a 0.95 )

Los valores antes dados son valores recomendados por proveedores. Cabe mencionar que el valor de  $\eta_T$  se localiza en las curvas de las bombas y este valor varia de acuerdo a las condiciones de operación de la bomba.

Para accionar las bombas como se ha indicado anteriormente se deben utilizar motores eléctricos junto con motores de combustión interna o turbinas de vapor, los cuales deben cumplir las siguientes características.

### 5.10.5 Motores Eléctricos.

Los motores acoplados a las bombas de contra incendio serán por lo menos de las potencias siguientes:

Capacidad de la bomba.	L/min	1,893	2,839	3,785	4,732	5,678	7,570	9,463
	gpm	500	750	1,000	1,250	1,500	2,000	2,500
Potencia del motor.	HP.	40	60	75	100	125	150	200

Tanto las bombas como los motores deberán tener una placa donde consten sus características principales.

Todo el equipo eléctrico deberá cumplir con las normas NFPA 70, NEMA, CFE, DGE. Los motores para bombas de agua contra incendio deberán trabajar con tensiones de 600 volts como máximo. Todos los motores deberán ser del tipo para uso continuo y nunca deberán ser usados a voltajes que excedan del 110 % de su voltaje nominal.

Todos los motores eléctricos deberán estar protegidos para evitar que por alguna causa les vaya a caer agua.

El motor deberá tener una potencia de por lo menos el 20 % mayor que la máxima potencia requerida por la bomba a su velocidad de régimen.

De referencia deberá existir un sistema automático de arranque de los motores eléctricos que los ponga en servicio escalonadamente al descender la presión por debajo de un mínimo conveniente fijado. También se deberá contar con dispositivos de secuencia de tiempo para evitar que arranquen simultáneamente las bombas; éstas deberán arrancar en intervalos que no permitan el arranque de la siguiente bomba hasta que la anterior haya tomado su velocidad mínima de régimen, por lo que la falla de cualquier bomba en el arranque no debe evitar el arranque de la siguiente, y deberá sonar una alarma indicando la falla de ésta.

Las líneas eléctricas de fuerza y control deberán ser subterráneas y entubadas hasta la conexión a los motores de las bombas.

Los dispositivos de control de los motores y sus interruptores deben ser de la capacidad adecuada, e instalarse dentro de compartimentos que los protejan de cualquier daño físico. Los interruptores deben contar con dispositivos de protección que permitan el arranque del motor, al mismo tiempo que proporcionen la protección de corto circuito requerida.

No debe haber ningún otro dispositivo de sobre corriente entre el lado de carga del interruptor y el motor. Tampoco deben tener protección de sobre corriente los circuitos auxiliares necesarios para el arranque del motor.

Debe instalarse una lámpara piloto de 115 volts conectada en la línea del arrancador y colocada cerca del sitio en que se arranca el motor, para indicar que hay energía eléctrica disponible. Se debe instalar otra que indique si está en posición de arranque automático o manual.

Se colocarán alarmas para indicar:

- ♦ Falla en el arranque de la unidad.
- ♦ Falta de energía eléctrica.
- ♦ Interruptor abierto.

#### 5.10.6 Motores de Combustión Interna.

La bomba accionada por motor de combustión interna es complemento de la bomba principal con motor eléctrico. El motor debe ser aprobado para servicio con bomba contra incendio.

Los motores de combustión interna utilizados para accionar bombas contra incendio deberán tener por lo menos 20 % más de potencia que la potencia requerida por las bombas, trabajando ésta a la velocidad de régimen.

Los motores de combustión interna acoplados a bombas de contra incendio deberán tener un sistema doble de baterías para arranque y un sistema doble de recarga basado en el generador de la misma máquina y en una fuente externa de potencia.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

El suministro de combustible deberá garantizar el funcionamiento de la unidad continuamente, durante 8 horas por lo menos, a su capacidad máxima. Por lo tanto el tanque deberá revisarse que siempre está lleno de combustible, libre de agua y materias extrañas y deberá renovarse el combustible periódicamente.

El motor deberá hacerse funcionar dos veces por semana durante una hora por lo menos a su velocidad de régimen sin mostrar calentamiento anormal ni deficiencia alguna.

Cuando el sistema de enfriamiento del motor se efectúe por medio de agua, este sistema deberá ser circuito cerrado y el agua deberá enfriarse en un cambiador agua-aire o agua-agua, en éste caso se hará una derivación en la descarga de la bomba para alimentar únicamente el cambiador de calor.

Cuando se utilicen motores de combustión interna para accionar bombas de agua contra incendio la temperatura del cuarto de bombeo no deberá ser menor de 5° C.

Las máquinas de combustión interna que tengan arranque automático deberán ser instalados en un cuarto de bombeo cerrado, donde se mantendrá como mínimo una temperatura de 16° C para las máquinas que usen gasolina y 21° C para las máquinas que utilicen diesel.

Deberán seguirse siempre las instrucciones del fabricante de la máquina para el montaje, arranque, operación y mantenimiento de la misma.

Los instrumentos de control que debe tener como mínimo una máquina de combustión interna serán los siguientes:

- ♦ Gobernador de velocidad variable, con límite de regulación del 10 %.
- ♦ Manómetro para el aceite lubricante.
- ♦ Indicador de temperatura del aceite.
- ♦ Tacómetro.
- ♦ Indicador de temperatura del sistema de enfriamiento.
- ♦ Amperímetro.
- ♦ Horómetro mecánico.

### 5.10.7 Dispositivos de Protección.

Los motores de combustión interna deben tener como mínimo los siguientes dispositivos de protección:

- Alarma para baja presión de aceite.
- Alarma para alta temperatura de aceite.
- Alarma para alta temperatura de agua de enfriamiento.
- Alarma para bajo nivel de aceite.
- Dispositivos de paro automático por sobre velocidad ( en motores mayores de 150 kW ).

Cuando el sistema de arranque sea automático, el motor deberá contar además con las alarmas siguientes:

- Lámpara piloto en el circuito de arranque para indicar que el selector está en posición de automático o manual.
- Lámpara piloto y un voltímetro en la batería de alimentación, indicando que está conectada al control y la carga de la batería.
- Alarma para indicar falla en el arranque automático del motor.
- Lámpara piloto indicando bajo nivel de combustible en el tanque de la unidad.

Accesorios:

Filtro de combustible (reemplazable).

Tablero de alarmas.

Luces indicadoras.

Arranque automático en unidades de relevo (optativo).

Sistema de batería doble y sistema de recarga de éstas.

#### 5.10.8 Turbinas de Vapor.

Estas deberán tener las siguientes características:

Con una presión de vapor de alimentación de 75 % de la especificada, la turbina deberá proporcionar la potencia requerida por la bomba.

Las bombas de contra incendio actuadas por turbina en ningún caso estarán diseñadas para operar a más de 3500 RPM.

La línea de vapor que alimenta la turbina de una bomba de contraincendio, debe ser independiente a partir de la caldera, para poder cortar el suministro de vapor a toda la planta, en caso necesario y mantener el suministro de vapor a la turbina.

La turbina debe tener una conexión adicional a la línea de vapor para poder mantenerla siempre caliente y se pueda operar inmediatamente.

La línea de alimentación de vapor hacia la turbina no debe tener válvula reguladora de presión, por lo que se deberá contar con válvula de seguridad en la turbina, además de los filtros y trampas de vapor necesarias.

El tubo de escape de vapor descargará directamente a la atmósfera y no deberá tener válvulas ni ninguna otra resistencia.

Deberá contar con todas las alarmas y aparatos de centros necesarios para su control, buen funcionamiento y seguridad.

Deberá cumplir con la especificación API- 611.

### 5.11 TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

En principio es bueno reconocer con el diseño hidráulico del sistema de rociadores, el uso de los tanques elevados va limitandose; sin embargo, el uso de altos niveles de succión de tanques, combinados con las bombas contra incendio, se han incrementado. Los tanques por gravedad son muy elevados y son usados únicamente para la protección contra incendio como se muestra en la figura 18 y en la figura "B" de el apéndice A, y esto requiere de altos estándares de mantenimiento para continuar su rehabilitación como fuente primaria de agua para sistemas de extinción.

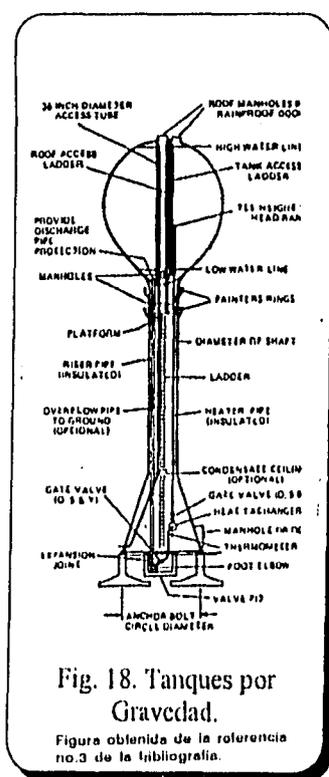


Fig. 18. Tanques por Gravedad.

Figura obtenida de la referencia no.3 de la bibliografía.

Esto es lo mejor si el tanque para protección contra incendio no es usado para cualquier propósito. Los tanques se utilizan también para otros propósitos y deben ser llenados frecuentemente y se acumulan grandes cantidades de sedimentos cuando el agua es drenada del tanque, el sedimento también es drenado dentro del sistema de extinción y éste puede bloquearse.

Si el tanque es de madera y es llenado frecuentemente, la alternativa de drenar y mojar de la madera aserrada, puede disminuir apreciablemente la vida del tanque; con un tanque de acero pintarlo o impermeabilizarlo frecuentemente es requerido, lo que significa no mucho en gasto, pero si muchas veces fuera de servicio.

Otra importante consideración tomando en cuenta ambos tanques propuestos, es la disponibilidad del agua en el instante del fuego. Como los tanques rara vez estarán llenos, porque el consumo domestico e industrial es constante. El nivel normal del agua estar bajo y bajar constantemente si la industria produce. Si el incendio ocurre varias veces al año despues de que el tanque es instalado, suficiente agua a suficiente presión puede no estar disponible.

Para sobreponerse a éstos problemas, la salida para el suministro doméstico e industrial debe ser colocada a un nivel de agua de tal forma que lo que quede sea para uso de protección contra incendios.

Es importante mencionar que cada centro de trabajo deberá contar con un volúmen adecuado exclusivo de agua contra incendio únicamente, almacenado de manera tal que sea disponible en su totalidad, sólo para servicio contra incendio.

La capacidad de almacenamiento (fuente secundaria) disponible para agua contra incendio, deberá ser suficiente para que las bombas instaladas operen cinco horas como se muestra en la tabla 5.15, sin interrupción, de acuerdo con el gasto previsible según los riesgos. Si se cuenta además con una fuente primaria (río, lago, etc.), ésta debe ser capaz de suministrar el 150 % del gasto total necesario para satisfacer el riesgo mayor de la instalación durante un período mínimo de 8 horas. Esta agua contra incendio principalmente debe estar en lo posible libre de sólidos sedimentables, acidéz y alcalinidad, pudiendo ser el inismo tipo de la usada para proceso, para evitar taponamientos, sedimentación y corrosión.

**Tabla 5.15. Tamaño Estandar de Tanques por Gravedad.**

Tanques de acero.		Tanques de madera.		Altura estandar.	
gal.	m <sup>3</sup>	gal.	m <sup>3</sup>	ft.	m.
30,000	115	30,000	115	75	22.9
40,000	150	40,000	150	100	30.5
50,000	190	50,000	190	125	38.1
60,000	230	60,000	230	150	45.7
75,000	290	75,000	290		
100,000	380	100,000	380		
150,000	570				
200,000	760				
300,000	1,100				
400,000	1,480				
500,000	2,000				

Para alimentar la red de agua contra incendio se puede utilizar el agua contenida en las fosas de las torres de enfriamiento, pero este volumen no debe ser considerado para calcular la capacidad de almacenamiento necesario.

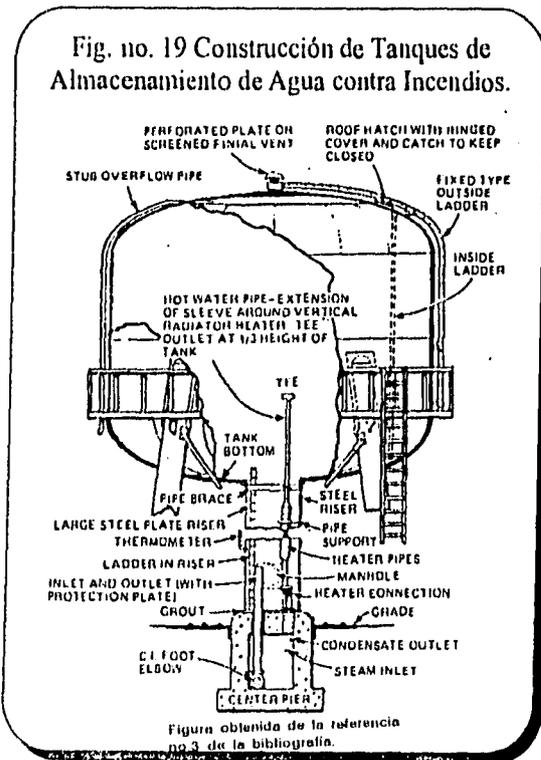
Los tanques de acero utilizados para almacenamiento de agua contra incendio, deberán ser pintados interiormente con pintura especial anticorrosiva o proveerlos de protección catódica, y de los materiales como se ilustran en la figura 19.

### 5.11.1 Localización del(os) Tanque(s) de Almacenamiento .

Un buen arreglo o diseño de un tanque, es aquel que está soportado en una estructura o torre de acero independiente, colocada en la tierra, en vez de colocarlo en un edificio o construcción. El tanque debe ser construido tal que no esté expuesto a incendios desde edificios adyacentes

o patios de almacenamiento. Si carece de un patio cercado y es imposible hacerlo, el tanque de acero expuesto debe ser protegido adecuadamente en una construcción resistente al fuego o ser cubierto. Cuando el acero sea necesario para protección debe incluirse acero fundido a 20 ft (6 m) de edificios que puedan incendiarse y fluir el fuego.

La succión de los tanques debe ser localizada y con el mínimo de tuberías. El cuarto de bombas es generalmente un lugar



DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

cerrado por lo que en los tanques o en las cisternas se minimiza la tubería de succión, como se muestra en la figura "B" de el apéndice A. Los tanques no deben ser colocados donde estos sean expuestos a incendios en construcciones o fuegos saliendo de ventanas o lugares de almacenamiento.

En nuestros días no es económico el instalar tanques soportados por estructuras lo suficientemente grandes y lo suficientemente elevados, que puedan ser colocados directamente a la red contra incendios y suministrar una adecuada capacidad para todas las mangueras desde hidrantes y sistemas automáticos contra incendios.

Es necesario mencionar que aún en nuestros días es más económico un tanque con succión a bombas que el tanque en que se utilice sólo gravedad. Los tanques de succión y por gravedad son construidos normalmente en tamaños estándar, como se muestra en la tabla 5.16.

La capacidad requerida es determinada por el uso decidido de el tanque y será especificado con el número de galones (o metros cúbicos) disponibles desde el tanque. (1 gal = 0.00378 m<sup>3</sup>).

gal.	m <sup>3</sup>	gal.	m <sup>3</sup>
50,000	190	250,000	950
75,000	290	300,000	1,100
100,000	380	400,000	1,500
125,000	475	500,000	2,000
150,000	575	750,000	3,000
200,000	750	1,000,000	4,000

La localización del recipiente de agua contra incendio dependerá de las condiciones de la planta, de preferencia se ubicará en zonas libres de riesgos inflamables, combustibles ó explosivos. En caso de tenerse dos recipientes como fuente de abastecimiento de agua, deberán localizarse de preferencia en puntos opuestos a la planta.

**DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

**El recipiente de almacenamiento deberá estar identificado con letreros visibles que indiquen "AGUA CONTRA INCENDIO" y/o con una franja roja perimetral en la parte media del tanque.**

**Las estructuras del recipiente de agua contra incendio no deberán ser usadas para soportar señalamientos, postes y otras estructuras, a menos que sean diseñados con un propósito auxiliar en el recipiente.**

# CAPITULO 6.

## *"CALCULO HIDRAULICO".*

## 6.0 CALCULO HIDRÁULICO.

Para llevar a cabo el cálculo hidráulico es necesario tener en cuenta las condiciones mínimas necesarias que se han enlistado en los capítulos anteriores como son:

- La presión mínima requerida en el hidrante mas alto y alejado será de 50 psi.
- La presión mínima de descarga de las bombas será de 125 psi.
- El gasto máximo a manejar en la red será: Q = Demanda máxima probable.
- El diámetro de las tuberías.
- La velocidad del agua.

Para calcular las pérdidas por fricción se pueden utilizar nomogramas, gráficas, tablas o en su caso lo más común es usar ecuaciones ya determinadas como la de Fanning, Darcy, y la más usual la de Hazzen-Williams. Es importante mencionar que las pérdidas por fricción se deben determinar en pie de tubería, tanto en las válvulas como en los accesorios.

La ecuación de Hazzen-Williams es la siguiente:

$$P_f = \frac{4.52 \times Q^{1.49}}{C^{1.49} \times d^{4.76}} \quad \text{ecuación. 6.1}$$

donde:

$P_f$  = Pérdidas por fricción en psi/ft

Q = Gasto en gpm.

d = Diámetro en in.

C = Coeficiente debido a material y a edad de tubería. C para acero al carbon = 100 .

En la tabla 6.1 se muestra la longitud equivalente en ft. de tubería para C = 100 para diferentes conexiones y accesorios, y en la tabla 6.2 se muestran los factores de corrección para C  $\neq$  100.

**Tabla no. 6.1 Longitud Equivalente en ft de Tubería. para C = 100.**

Accesorios.	Diámetro en pulgadas.													
	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	
Codo std 45°	1	1.3	1.7	2	2.7	3.3	4	4.6	5.3	6.6	8	10.6	13.3	16
Codo std. 90°	2	2.5	3	4	5	6.3	7.5	8.8	10	12.5	15	20	25	30
Codo largo 90°.	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
T <sup>o</sup> Flujo 90°	3.8	5	6.3	8	10	12.5	15	17.5	20	25	30	40	50	60
T <sup>o</sup> Flujo a través del flujo.	1.5	1.7	2	2.5	3.3	4.2	5	5.8	6.7	8.3	10	13.3	16.7	20
Válvula Mariposa.	-	-	-	-	6	7	10	-	12	9	10	27.7	33.3	40
Válvula de compuerta toda abierta.	0.8	1	1.4	1.6	2.2	2.7	3.3	3.8	4.3	5.4	6.5	8.7	10.8	13
Válvula de globo toda abierta.	21.3	28.3	35.4	42.5	56.7	70.8	85	99.2	113.3	141.7	170	226.7	283.3	340
Válvula Check.	-	11.3	14.1	16.9	22.5	28.1	33.8	39.4	45	57	67.5	90	112.5	133
Válvula angulo.	9.1	12.1	15.1	18.1	24.2	30.2	36.3	42.3	48.3	60	72.5	96.7	120.8	145

**Tabla no. 6.2 Factores de Corrección de Longitud Equivalente para C dif. de 100 .**

C	Factor.	C	Factor.	C	Factor.
150	0.47	110	0.84	70	1.93
145	0.5	105	0.91	65	2.22
140	0.54	100	1	60	2.57
135	0.57	95	1.1	55	3.02
130	0.62	90	1.22	50	3.61
125	0.66	85	1.35	45	4.38
120	0.71	80	1.51	40	5.48
115	0.77	75	1.7	35	6.97

También se calculará la longitud equivalente donde existan reducciones como se muestra en la tabla no. 5.13.

En las mangueras la pérdida por fricción se calculará como lo indica la tabla no. 5.8.

Para el cálculo de pérdidas de fricción, cuando se utilice agua a 25° C y 1 atm. de de presión  $1 \frac{h}{m^2} = 2.31 ft$  .

Para el cálculo de pérdidas por fricción en tuberías y accesorios también se puede evaluar utilizando el factor de Darcy, que se calcula como a continuación se indica.

Con las propiedades del fluido, en este caso agua y el diámetro de la tubería se calcula el número de Reynolds con la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{d_{int.} \times v \times \rho}{\mu} \quad \text{ecuación. 6.2}$$

con el número de Reynolds y el diámetro interior de la tubería se obtiene el factor para pérdidas por fricción en tuberías "f", y con la gráfica no.III, de el apéndice B, que se utilizará más adelante en la ecuación del teorema de Bernoulli en la ecuación:

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g_c} \quad \text{ecuación. 6.3}$$

También se puede utilizar la gráfica no. II si se conoce la rugosidad relativa del material de la tubería o calcularlo como se indica en la gráfica no. I.

El cálculo de pérdidas por fricción en válvulas y accesorios se puede utilizar el factor "K" que es el coeficiente de resistencia, y la ecuación de Darcy queda como sigue:

$$K = f \frac{L}{D} \quad \text{ecuación. 6.4}$$

$$h_L = K \frac{v^2}{2g_c} \quad \text{ecuación. 6.5}$$

Para calcular la diferencia de presión en las red de tuberías y el cálculo hidráulico de las bombas utilizaremos el teorema de Bernoulli, que se indica a continuación:

$$\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{u_1^2}{2\alpha g_c} + W = \frac{P_2}{\rho} + Z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{u_2^2}{2\alpha g_c} + \Sigma F \quad \text{ecuación. 6.6}$$

y

$$\Sigma F = h_L + \Delta P_{válvulas} + \Delta P_{medidores}. \quad \text{ecuación. 6.7}$$

donde:

$P_1$  = Presión en  $\text{lb}/\text{in}^2$

$Z_1$  = Altura del punto dado, en ft.

$u$  = Relación de velocidad del punto  $Z_1$  al punto  $Z_2$ , en ft/s.

$v$  = Velocidad del líquido, en ft/s

$W$  = Trabajo requerido, ft. (bombeo)

$\Sigma F$  = Sumatoria de fricciones, ft.

No hay que olvidar la ecuaciones de continuidad donde:

$$Q = V \times A \quad \text{ecuación. 6.8}$$

$$W = \rho \times V \times A, \text{ y} \quad \text{ecuación 6.9}$$

$$Q = W C_p \Delta T \quad \text{ecuación. 6.10}$$

$$Q = W \lambda \quad \text{ecuación. 6.11}$$

donde:

$Q$  = Flujo volumétrico,  $\text{ft}^3/\text{seg}$ .

$W$  = Flujo másico,  $\text{lb}/\text{seg}$ .

$V$  = Velocidad del líquido,  $\text{ft}/\text{seg}$ .

$A$  = Area transversal de la tubería.

$C_p$  = Capacidad calorífica del fluido,  $\text{BTU}/(\text{lb} \times ^\circ\text{K})$ .

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas,  $^\circ\text{K}$ .

$\rho$  = Densidad del fluido,  $\text{lb}/\text{ft}^3$ .

$\lambda$  = Capacidad calorífica en un cambio de fase,  $\text{BTU}/(\text{lb} \times ^\circ\text{K})$ .

Con éstas ecuaciones podremos determinar el cálculo hidráulico de la red de agua contra incendios.

En el capítulo ocho observaremos la metodología del cálculo hidráulico de una red de agua contra incendios.

# CAPITULO 7

## *"SISTEMA DE ROCIADORES".*

### 7.0 Sistema de Rociadores.

Antes de hablar de los sistemas de rociadores debemos conocer primero que es un rociador y cuales son sus partes principales.

Un rociador es un equipo fijo para combate y control de incendios, que opera respondiendo a la temperatura o a otros tipos de detección, se acciona manual ó automáticamente formando un patrón de agua cónico como se muestra en la figura 20.

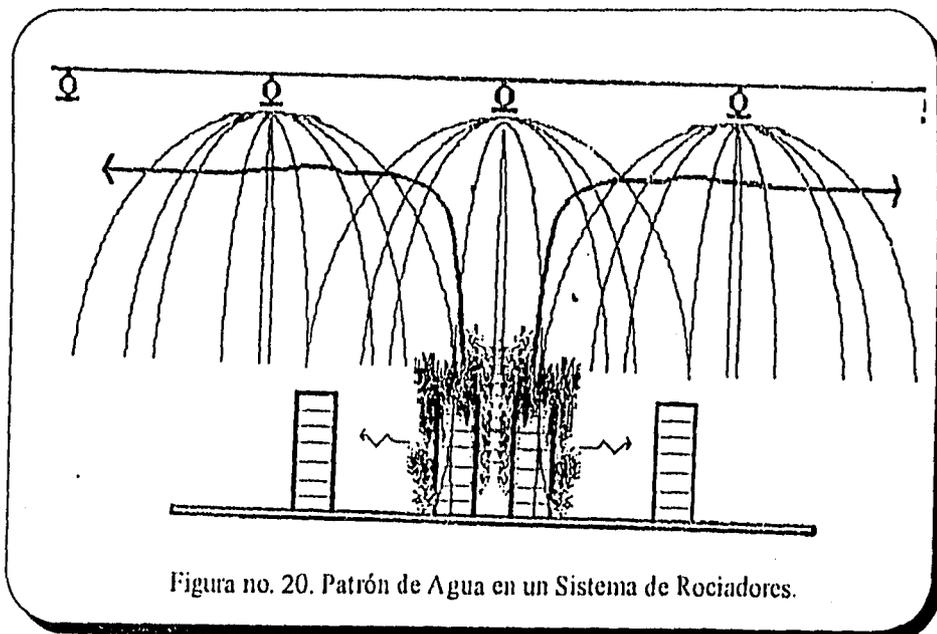
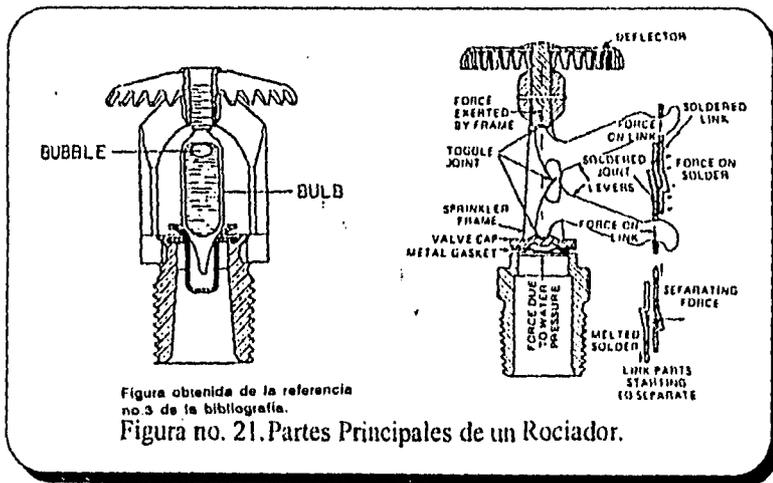


Figura no. 20. Patrón de Agua en un Sistema de Rociadores.

Sus partes principales son:

1. Cuerpo.
2. Boquilla ( diámetro std.  $\frac{1}{2}$  in.).
3. Fusible o bulbo.
4. Disparador ( si es de respuesta a la temperatura ).
5. Deflector.



La calibración del fusible disparador, determina el rango de temperatura de operación.

Los rociadores son de dos tipos, de acuerdo a su instalación:

- Montados (sobre línea ) ó
- Suspendidos.

Un sistema de rociadores es un sistema de tuberías conectadas a una fuente de abastecimiento de agua contra-incendio y equipada con boquillas rociadoras para la descarga y distribución del agua sobre la superficie o área protegida. También se define como un arreglo de ingeniería que se utiliza para proteger áreas específicas, y sus componentes básicos son:

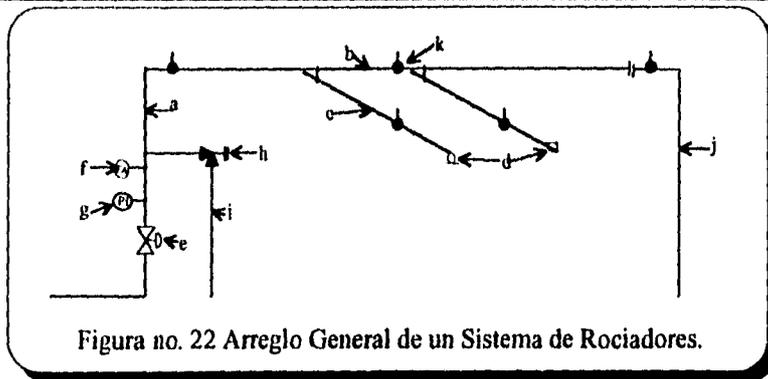


Figura no. 22 Arreglo General de un Sistema de Rociadores.

donde:

- a) Tubería ascendente de alimentación.
- b) Línea de distribución central.
- c) Ramales.
- d) Rociadores.
- e) Válvula indicadora de compuerta.
- f) Sensor de flujo.
- g) Manómetro.
- h) Válvula de drenaje de 2 in. de diámetro.
- i) Línea de 2 in. de diámetro para drenaje.
- j) Línea de purga de 1 in. de diámetro con conexiones fácilmente quitables.
- k) Soportes para la tubería.

## 7.1 Tipos de Sistemas.

Existen cuatro tipos de sistemas:

1. Sistema húmedo.
2. Sistema seco.
3. Sistema de preacción.
4. Sistema diluvio.

### 7.1.1 Sistema Húmedo.

Consta de los componentes básicos citados y utiliza rociadores con fusible disparador, la línea está permanentemente cargada con agua hasta el rociador; es el más barato y de más fácil mantenimiento; se utiliza en áreas de alto riesgo donde no hay probabilidad de congelación de agua dentro de las tuberías (ver figura 22).

### 7.1.2 Sistema Seco.

La línea está cargada con aire, por lo que al operar el rociador deja salir primero el aire y después el agua. El sistema depende de la válvula check seca y requiere de una alimentación de aire a la presión y flujo adecuados. Utiliza rociadores con fusible disparador. Se utiliza en áreas con alta probabilidad de congelación del agua dentro de las tuberías (ver figura 23a).

### 7.1.3 Sistema Preacción.

Es básicamente un sistema seco, los rociadores son con fusible disparador, pero el sistema opera con la respuesta de una válvula especial a sistemas de detección como detectores de humo, calor, ionización, infrarrojos, etc.. Se utiliza en áreas donde la descarga accidental de agua, ya sea por fugas en conexiones ó rotura de líneas u operación accidental de un rociador, no es permiscible (ver figura 23b).

#### 7.1.4 Sistema Diluvio.

Es similar al sistema preacción, pero utiliza rociadores sin fusible disparador. La válvula deja pasar agua al sistema en respuesta a sensores que pueden ser detectores de humo, calor, ionización, etc. ó una línea de rociadores piloto. En este sistema todos los rociadores descargan agua y se usa en áreas con alto riesgo de derrames de inflamables ó de incendio, que se pueda propagar en una gran superficie (ver figura 23c).

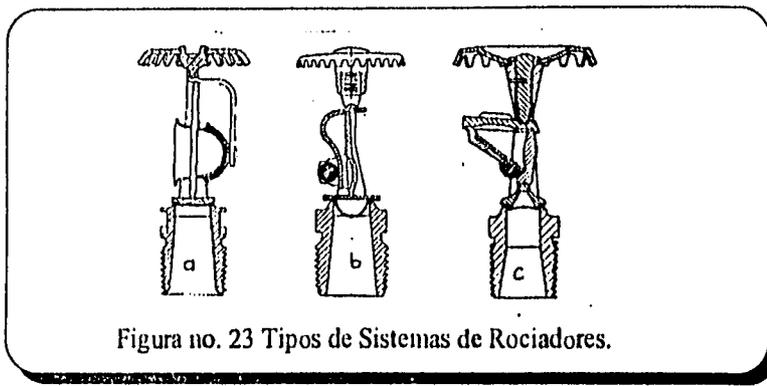


Figura no. 23 Tipos de Sistemas de Rociadores.

Un sistema de rociadores normalmente es accionado por un equipo automático que detectará calor, llamas, humo, vapor combustible o cualquier otra condición que pueda producir un incendio o explosión. Este equipo actuará automáticamente las alarmas y equipo de protección.

Se pueden usar para protección de instalación y equipos específicos, pudiendo instalarse independientemente o en forma complementaria a otros sistemas de protección contra incendio. En general los sistemas de aspersores se usan con efectividad en:

- Prevención de incendio.
- Control y extinción de incendios.
- Protección a la explosión.

Para determinar la conveniencia del empleo de un sistema de rociadores se debe estudiar las propiedades físicas y químicas de los materiales que se van a proteger considerando entre otros factores los siguientes:

- ♦ Punto de inflamación,
- ♦ Gravedad específica.
- ♦ Temperatura del agua.
- ♦ Misisbilidad y solubilidad de los materiales en agua.
- ♦ Viscosidad.
- ♦ Temperatura de los materiales o equipos a proteger.
- ♦ Reacciones químicas posibles.

El agua no debe aplicarse directamente a materiales que reaccionen con ella como sodio, carburo de calcio, etc. ya que su reacción es muy violenta e incrementa los riesgos.

No se debe aplicar sistema de rociadores en gases licuados a temperaturas criogénicas tales como amoniaco, gas natural licuado, etc. ya que estos productos pueden hervir violentamente cuando se calientan con el agua.

Se debe considerar el riesgo de evaporación súbita, en aquellos casos en donde los sistemas de rocío puedan encontrar materiales a muy altas temperaturas.

En los equipos que operan a altas temperaturas se deberán tomar las precauciones para evitar la posibilidad de dañarlas, deformar o causar su falla por la aplicación del agua.

Los incendios de derrames de materiales solubles en agua como amoniaco, alcoholes, etc. generalmente sólo se pueden controlar hasta que se logra la extinción por dilución. Para proyectar la protección de riesgos que involucren estos materiales se deben hacer pruebas bajo las condiciones normales en que se encontrarán, a fin de determinar la aplicabilidad de un sistema de rociadores.

Cuándo se proyecte un sistema de rociadores para extinguir incendios de materiales sólidos, se deberán tomar en cuenta factores tales como:

- Capacidad de agua para penetrar en ellos.
- Configuración y estado de los materiales, etc.

La densidad o cantidad de agua que se aplica para extinguir la mayoría de los combustibles sólidos o líquidos inflamables ordinarios, deberá ser de 10 L/min. a 20 L/min por metro cuadrado de superficie protegida.

## 7.2 Tubería y Accesorios.

Todas las partes componentes del sistema de aspersores deben constuirse para que formen un sistema integral. Los sistemas deben operarse mediante mecanismos automáticos, de preferencia y completados con actuadores manuales.

Las tuberías y accesorios deberán cumplir con las normas ASTM y NFPA. como se indican en la tabla no. 5.5.

En el diseño de las tuberías para sistemas de aspersores se debe considerar la presión de operación, resistencia para trabajar como estructura y resistencia a la corrosión. La tubería, conexiones y accesorios de los sistemas contra incendio por aspersión se deberán diseñar para una presión de operación de 12 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo y a 4° C.

Las tuberías y accesorios de los sistemas de aspersores, se deberán diseñar para soportar estructuralmente esfuerzos mecánicos y dinámicos debido a su propio peso, cargas de viento, agua, carga sísmica, vibración etc.. Todo sistema deberá estar soportado adecuadamente.

Toda tuería (enterrada o aérea) y conexiones deben protegerse contra la corrosión causada por el medio ambiente, por el agua y sus aditivos, etc., empleando para ello recubrimientos exteriores y esmalte rojo, además si es necesario deberán estar protegidos por protección catódica.

La tubería deberá resistir la exposición a fuego por tiempo limitado sin agua, al cambio brusco de temperatura y generación de vapor por el paso del agua.

Para el cálculo de las dimensiones de la tubería se deben utilizar los métodos utilizados en la red de agua contra incendios en el diseño hidráulico.

Todas las tuberías deberán contar con pendientes adecuadas y en las partes más bajas con purgas para drenarlas.

### 7.3 Boquillas Rociadoras.

Para la selección del tipo, tamaño y número de boquillas rociadoras, además de las características propias de ellas, se tomarán en cuenta factores tales como: las características del riesgo, condiciones climatológicas como vientos, clase de agua, etc.

Las boquillas de rocío se colocarán en forma que cubra totalmente el área que se va a proteger con la densidad ya mencionada.

El tamaño de los rociadores y el número de éstas estará determinado de acuerdo al tipo de riesgo a cubrir, como se muestra en la tabla no.7.1 así como el diámetro de las mismas.

Tipo de riesgo.	Diámetro de la tubería. (in.).	No. máximo de aspersores.	Diámetro de la tubería. (in.).	No. máximo de aspersores.
Riesgo ligero.	1	2	2 1/2	30
	1 1/4	3	3	60
	1 1/2	5	3 1/2	100
	2	10	4	-
Riesgo ordinario.	1	2	3 1/2	65
	1 1/4	3	4	100
	1 1/2	5	5	160
	2	10	6	275
	2 1/2	20	8	400
	3	40	-	-
Riesgo extrapeligroso.	1	1	3 1/2	40
	1 1/4	2	4	55
	1 1/2	5	5	90
	2	8	6	150
	2 1/2	15	8	225
	3	27	-	-

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

Las distancias adecuadas entre boquillas rociadoras y entre líneas es:

Zona de riesgo ligero y ordinario.	4.5 metros.
Zona de riesgo extrapeligroso.	3.65 metros.

La máxima área que se debe considerar que puede proteger un aspersor con orificio de 1/2 in. (12.7 mm), es:

Zona de riesgo ligero y ordinario.	130 ft <sup>2</sup> (12 m <sup>2</sup> ).
Zona de riesgo extrapeligroso.	de 65 a 100 ft <sup>2</sup> (6 a 9.3 m <sup>2</sup> ).

La capacidad de descarga de los aspersores con orificio de 1/2 in. será la siguiente:

Presión. psi.	Descarga. gpm.
10	18
15	22
20	25
25	28
35	34
50	41
75	50
100	58

<b>Orificio, in.</b>	<b>K</b>	<b>% de la descarga con relación al orificio estandar de 1/2 in.</b>
1/4	1.3 - 1.5	25
5/16	1.8 - 2.0	33.3
3/8	2.6 - 2.9	50
7/16	4.0 - 4.4	75
1/2	5.3 - 5.8	100
17/32	7.8 - 8.4	140

Aplicando la siguiente ecuación para conocer el flujo de agua:

$$Q = K \sqrt{P} \quad \text{ecuación 7.1}$$

donde:

Q = Flujo de agua, gpm.

P = Presión, psi.

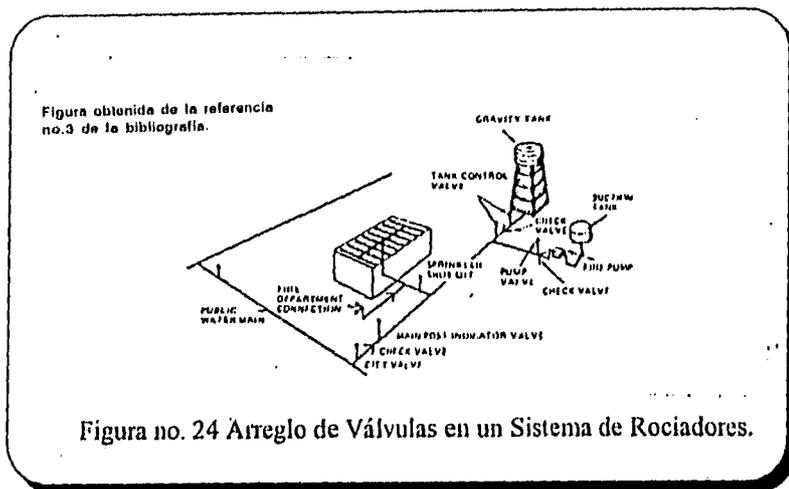
K = Factor.

#### 7.4 Válvulas.

En un sistema de rociadores se deberá contar con válvulas de operación localizadas lo más cerca posible del área protegida. Las válvulas automáticas de control se deben colocar tan cerca como sea posible del área protegida, y el acceso lo permita, durante la emergencia con objeto de tener un mínimo de tuberías entre la válvula automática y las boquillas.

Los dispositivos manuales de control remoto se colocarán en forma accesible y debe identificarse con precisión las áreas que protegen.

Es importante tener en cuenta que una válvula no podrá controlar más de 1,200 rociadores y el arreglo será de acuerdo a la figura no. 24.



### 7.5 Suministro de Agua para un Sistema de Rociadores.

El agua que se utilice en un sistema de aspersores debe ser de preferencia dulce y libre de sedimentos y materiales extraños. Para asegurarse que el agua quede libre de los sedimentos en la red de rociadores se deberán colocar filtros y mallas fácilmente accesibles para su limpieza aún durante una emergencia.

La fuente de agua que se emplee para abastecer los sistemas de aspersores debe garantizar la cantidad necesaria, la presión y el tiempo suficiente para que operen todos los sistemas necesarios en forma simultánea para combatir el incendio de riesgo mayor.

Las fuentes de abastecimiento podrán ser las siguientes:

- ♦ Una red de agua contra incendio en operación.
- ♦ Sistema de bombas.
- ♦ Tanque elevado o vertical si proporciona la presión necesaria para operar el sistema.

Se deberá construir un drenaje con la capacidad suficiente para eliminar el agua y líquidos que se pudieran verter en el área incendiada.

El drenaje a construir deberá cumplir para desalojar agua en las siguientes condiciones:

1. Gasto en condiciones de máximo flujo, de los sistemas fijos contra incendios que sea necesario operar para combatir el probable incendio de riesgo mayor.
2. Agua que descarguen las mangueras y monitores.
3. Precipitación pluvial.
4. Agua de proceso.

En el diseño de rociadores es necesario tomar en cuenta la densidad del agua que va a proporcionar el rociador, ya que un rociador realiza la extinción de un incendio por enfriamiento de la superficie, sofocamiento por el vapor producido, por dilución o por emulsificación.

Los sistemas se diseñarán para que, durante un período razonable se logre la extinción y todas las superficies se enfrien lo suficiente para prevenir la reignición que pudiera ocurrir después de que el sistema suspenda el flujo de agua.

Se debe analizar la información disponible o el conocimiento que se tenga en relación al comportamiento sobre situaciones semejantes y así determinar la densidad de proyecto. Por lo general la mayoría de los sólidos y líquidos inflamables, requieren de una densidad de 10 a 20 lpm/m<sup>2</sup> de superficie protegida.

En el proyecto de un sistema de aspersores debe contemplar lo siguiente:

- En la extinción de incendios por enfriamiento de la superficie se debe proporcionar una cobertura con agua sobre el total de la superficie.
- En materiales gaseosos o líquidos inflamables con punto de inflamación inferior a la temperatura del agua aplicada o líquidos con puntos de inflamación inferiores a 60° C, no es efectivo este método.
- No se debe utilizar sistema de aspersores en gases licuados a temperatura criogénica.
- Por lo general la intensidad del incendio es suficiente para producir el vapor necesario a partir de el agua o la niebla aplicada. Bajo estas condiciones se produce el efecto de sofocamiento. Este efecto no se realiza si el material protegido genera oxígeno cuando se calienta.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

- La emulsificación sólo se obtiene en líquidos no misibles con el agua. El agua se debe aplicar sobre toda el área de los líquidos inflamables. La presión en la boquilla será la menor estipulada.
- En materiales misibles con el agua se presenta el fenómeno de dilución. Los valores de la aplicación del agua deben ser para lograr la extinción en el menor tiempo posible.

Los sistemas para el control de incendios deben funcionar a plena capacidad durante el tiempo necesario para que los materiales combustibles se consuman, o durante el tiempo requerida para cortar el flujo o fugas de esos materiales, o efectuar las reparaciones necesarias. La operación del sistema deberá durar por lo menos dos horas de ser necesario.

Los sistemas automáticos de aspersores para protección contra incendio se deben proyectar y diseñar para que se obtenga la descarga efectiva del agua en todas las boquillas a más tardar a los 30 segundos siguientes de haber detectado el incendio. Deben operar antes de que cualquier recipiente o equipo que contenga líquidos o gases inflamables pueda fallar como consecuencia de la elevación de la temperatura, o antes que la pintura o recubrimiento de protección se carbonicen.

El grado de protección por niebla se puede reducir en las partes superiores de la estructura (después del 3er piso), o en la parte superior de equipos muy altos.

El límite máximo permisible de absorción de calor es de 1627.5 cal/hr/cm<sup>2</sup> de superficie expuesta. La capacidad requerida para emergencia de los dispositivos de relevo que se instalen se deben basar en este dato.

La boquilla se debe instalar para que el agua cubra toda el área a proteger. Donde las bridas, registros, etc, creen sombras para que el escurrimiento cubra totalmente la superficie se deberán colocar boquillas adicionales en estas zonas. Los conos de agua deberán traslaparse en las paredes y fondo de los recipientes.

Se debe dar especial atención a la distribución y posición de las boquillas para proteger adecuadamente las válvulas de seguridad, conexiones y válvulas de servicio.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

Algunos valores de la densidad de agua para distintas áreas se dan en la tabla no. 7.3.

<b>Tabla no. 7.3 Valores de Aplicación de Agua por Rociadores .</b>	
<b>Descripción del riesgo a proteger.</b>	<b>Densidad mínima lpm/m<sup>2</sup></b>
Almacenes con sólidos inflamables.	20
Superficies con posibles derrames.	20
Protección a la exposición de equipos.	10
Protección a la exposición de recipientes verticales sin aislante.	10
Techo y fondo de recipiente sin aislamiento.	10
Flechas prensa, estopas, etc., de bombas.	20
Válvulas de seguridad, conexiones y válvulas de servicio en recipientes.	20
Bordes y faldones de recipientes.	4
Trenes de tuberías sostenidas en apoyos metálicos.	4
Estructura horizontal de acero.	4
Estructura vertical de acero.	10

Las áreas de riesgo separadas se pueden proteger por sistemas independientes; cada sistema independiente no manejará descargas mayores de 11,360 lpm (3000 gpm). La separación de las diferentes áreas de riesgo se deberán hacer por medio de distancia, diques, drenajes especiales, etc. para evitar la propagación del fuego en áreas vecinas.

Todos los sistemas de rociadores se deberán someter a pruebas, para estar seguros de su funcionamiento, y en caso de alguna avería el cuerpo de seguridad se encargará de cambiar las piezas necesarias para asegurar que los rociadores funcionen correctamente. Las pruebas que se efectuarán serán las siguientes:

Prueba hidrostática: Será de 14.1 kg/cm<sup>2</sup> durante 2 horas. Si la presión de operación es mayor de 10.5 kg/cm<sup>2</sup>, se deberá probar a una presión de 3.5 kg/cm<sup>2</sup> mayor que la de operación.

Prueba de flujo de agua: Se realizará antes de colocar las boquillas; tiene como objeto limpiar la tubería principal y troncales de cualquier material extraño que pudiera haber penetrado durante la construcción.

Para esta prueba se hace circular agua por la tubería con el gasto que resulte mayor de las dos alternativas siguientes:

1. La demanda de agua que haya servido de base para proyectar el sistema.
2. El flujo necesario para producir una velocidad de 3 m/seg. (10 ft/seg) como se muestra en la tabla no. 7.4.

Diámetro de la tubería.		Gasto.	
mm.	in.	lpm.	gpm.
102	4	1,476	390
152	6	3,331	880
203	8	5,905	1,560
254	10	9,235	2,440
305	12	13,323	3,520

La duración será la necesaria para garantizar la limpieza de la tubería. Se debe tomar las precauciones necesarias para eliminar el agua utilizada.

Las pruebas y descargas de agua ya concluída la red y con las boquillas aspersoras en su sitio, se deben hacer pruebas de descarga de agua para verificar si la posición de las boquillas es adecuada, que los conos cubran totalmente el área protegida y si hay cuerpos extraños que puedan inutilizar las boquillas.

Las pruebas de operación se harán a toda la capacidad del sistema. Hay que comprobar que la presión de descarga en la boquilla más alejada y en condiciones desfavorables, sea como mínimo la estipulada en el proyecto. Probar que todas las partes del sistema estén en condiciones de operación, y asegurarse que el sistema automático de detección y los actuadores de control remoto funcionen correctamente.

**DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

Los sistemas de rociadores deberán probarse y darles mantenimiento periódicamente y deberán estar identificados de la siguiente manera:

- Deberán colocarse letreros indicando las instrucciones de operación, mantenimiento y localización.
- Semanalmente se deberá realizar inspección para verificar el buen estado del equipo.
- Se deberá inspeccionar fuentes de abastecimiento de agua, mallas y filtros, tubería y válvulas. Todo lo anterior siempre deberá estar en condiciones de operación.
- Por lo menos anualmente se probarán controles, equipo automático de detección, controles manuales, etc.

# CAPITULO 8

## *"CRITERIOS GENERALES".*

### 8.1 Criterios Generales.

Antes de efectuar los cálculos para las redes contra-incendio, se deberán tomar en cuenta diferentes aspectos relacionados con el diseño inicial de la planta, y a éstos le llamaremos los criterios generales o mínimos que deberán tomarse en cuenta para el diseño de la red para cualquier proceso.

Cuando se tiene el proceso definido se deberán tomar en cuenta diferentes aspectos de éste, como son:

- a) Naturaleza del proyecto.
- b) Sustancias que se van a manejar o que intervienen en dicho proceso (como materias primas, productos intermedios y productos finales).
- c) Fuentes de abastecimiento de agua (fuentes primarias y secundarias).
- d) Tipo de estructuras o edificios que van a construirse, y a protegerse.
- e) Auxilio externo para el combate de incendios, incluyendo los equipos adecuados.

También será necesario contar con la documentación necesaria de dicho proceso que va a protegerse, así como las bases de diseño, diagrama de flujo de proceso (DFP), diagrama de tubería e instrumentación (DTI), el sistema de desfogue con que cuenta el proceso y plano de localización de la planta y equipo. Teniendo la información antes dicha del proceso que se requiere proteger, se podrá iniciar con el diseño de nuestra red contra-incendio, y teniendo en cuenta la energía química o energía liberada en el proceso, el tipo de emergencia a la que se tiene contemplada y por los códigos los cuales nos ayudarán a diseñar la red y los cuales tendremos que cumplir con sus especificaciones necesarias (como NFPA, PEMEX y AMIS de los que se hablará más adelante.); de aquí utilizaremos nuestros criterios generales que serán los siguientes:

1) Cálculo de requerimientos de agua.- La amplia variedad e intensidad de los posibles incendios en este tipo de industrias, obligan a que se necesite calcular en forma precisa, los requerimientos de agua, lo cual lo convierte en una ciencia exacta. La experiencia es un factor de principal importancia en el diseño. Cuando sea posible, se deben conseguir datos de requerimientos de agua de empresas similares como un medio de comprobar los cálculos.

Hay factores comunes para varios componentes de una planta en cuanto a un requerimiento de agua, además, se debe proceder a continuación, a calcular los requerimientos para cada planta de una industria. Es razonable suponer que un incendio ocurrirá en una unidad de proceso solamente y que las posibilidades de incendios simultáneos en varias plantas es remota.

Una unidad de proceso típica deberá protegerse por medio de aspersores fijos y monitores además de carretes de mangueras e hidrantes como refuerzo.

2) Recipientes.- Se debe aplicar un gasto de agua de 0.25 GPM por cada pié cuadrado de superficie expuesta. Este gasto se puede reducir hasta 0.20 gpm por pié cuadrado, si el sistema es muy bien diseñado, eliminando el factor de gasto de 0.05 GPM por pié cuadrado. Para asegurar la cobertura adecuada deben de ser colocados los aspersores, de tal forma que se traslapen sus patrones; es conveniente tener en cuenta que la distancia vertical máxima entre el aspersor y el recipiente a proteger es de 4 mts. para evitar arrastre por viento.

3) Estructuras.- Los miembros horizontales de estructuras de acero deben de protegerse con un gasto mínimo de 0.10 GPM por pié cuadrado de área mojada, estendiéndose por área mojada, la superficie de los dos lados de un perfil estructural más la de uno de los patines de apoyo. Los miembros verticales de estructuras de acero requieren no menos de 0.10 gpm por pié cuadrado de área mojada. En ambos casos la distancia entre aspersores no debe ser mayor de 3mts. entre centros.

4) Tuberías aéreas.- Para proteger a los tubos se requieren gastos de 0.10 GPM por pié cuadrado de superficie de tubo. Sin embargo en aquellos racks donde hay varios niveles de tubería, el total de agua empleado no debe exceder 0.50 GPM.

5) Transformadores.- Requieren gastos de agua de 0.25 GPM por pié cuadrado de superficie de equipo. Las distancias de los aspersores al equipo energizado lo determina las características de cada aspersor.

No es necesario que todo el equipo esté protegido con sistemas de aspersores; como ejemplo de éstas condiciones tenemos: recipientes que pueden despresionarse a control remoto, estructuras, tuberías y recipientes

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

que tienen recubrimiento aislante. Con ésto conviene hacer una evaluación económica para dar una solución alterna.

6) Monitores.- Como ya vió en las definiciones los monitores son boquillas que pueden dirigirse hacia un riesgo en particular. Es muy común emplearlo para proteger equipos específicos y pueden proporcionar densidades de agua similares a las de los aspersores. Los monitores tienen gastos aproximados de 500 gpm a 100 .

7) Hidrantes y mangueras.- Éstos últimos son indispensables como respaldo en combate de un incendio. Los hidrantes deben localizarse rodeando la planta y a una distancia no mayor de 50 mts. de tal forma que en una emergencia, en cualquier lugar de la planta, pueda ser combatida cuando menos por dos direcciones distintas. Los gastos para cada manguera de contra-incendio de pulg. de diámetro es de aproximadamente de 250 gpm a 100 .

Los hidrantes, así como otras salidas para mangueras contra incendio deben tener sus conexiones en buen estado para permitir la conexión adecuada de las mismas. Las válvulas de los hidrantes deben ser entregadas y mantenidas y mantenidas en buenas condiciones de operación.

Los mecanismos que permiten el movimiento horizontal y vertical de los monitores se revisarán cuidadosamente poniendo especial atención a la lubricación de dichos mecanismo. A las boquillas de los manitores se les harán las siguientes pruebas y revisiones indicadas a continuación:

- a) Que los empaques estén completos y en buen estado.
- b) Que todos los mecanismos internos estén completos, en buen estado y operando libremente.
- c) Que todas las roscas y tuercas estén en buen estado y con libre manipulación.
- d) Que todas las partes y conexiones estén libres de corrosión o erosión.
- e) A todas las boquillas se les harán las pruebas necesarias con objeto de comprobar el alcance de los chorros de agua.

## 8.2 Criterios de Diseño.

### 8.2.1 Tubería.

1.- En áreas fuera de las instalaciones industriales, áreas de acceso y en lugares donde el clima lo permita, la tubería se puede instalar superficialmente o en trincheras poco profundas, cubiertas con rejillas.

- En áreas de instalaciones industriales, o lugares donde la temperatura ambiente baje de 0°C se debe enterrar a una profundidad de 750mm.

2.- En las instalaciones de proceso y en sus áreas de almacenamiento se debe procurar que la red de agua contra incendio forme anillos que contengan 12 hidrantes y/o manitores como máximo, debiéndose instalar válvulas de seccionamiento superficiales en lugares que permitan aislar secciones del sistema de tubería cuando haya necesidad de efectuar reparaciones o ampliaciones.

- Cuando exista más de una fuente de suministro, deben instalarse válvulas de seccionamiento en cada una de ellas.

3.- Para seccionar la tubería se debe considerar como mínimo las siguientes condiciones:

- Capacidad.
- Máxima presión de trabajo.
- Condiciones del medio y del terreno.
- Cargas externas.
- Calidad del agua.

4.- En los casos en que se maneje agua salada, se deberá efectuar un estudio que permita determinar el espesor total de pared del tubo, ya sea aplicando tolerancias para corrosión para acero al carbón o la utilización de otros materiales.

5.- En ningún caso la tubería debe tener un espesor menor al indicado en la tabla 5.5.

6.- En las tuberías enterradas, se deben prever la protección contra efectos de cargas externas que puedan dañarla. Esta protección puede llevarse a cabo por medio de trincheras, camisas o una mayor profundidad de su instalación. Cuando pase bajo vías de ferrocarril o calles de tránsito pesado, la tubería debe instalarse a una profundidad mínima de 1,300 mm (ésta profundidad debe medirse desde la parte superior del tubo, a nivel de piso terminado), pudiendo proteger además con una camisa que permita una holgura de 100 mm como mínimo. la tubería no debe pasar bajo construcciones o bodegas.

#### 8.2.2 Bombas.

1.- Se deben instalar bombas tipo turbina vertical y/o centrífuga horizontal de caja bipartida, dependiendo de las condiciones de succión.

2.- Estas bombas deben caracterizarse por el fácil acceso a todas sus partes de trabajo, debiendo ser de construcción robusta, pasajes amplios al acceso del agua y todas sus piezas de trabajo sujetas a corrosión deben fabricarse de material resistente a ésta.

3.- Las bombas horizontales deben ser usadas cuando el nivel mínimo de succión está arriba del eje de la bomba.

4.- Cuando no se tenga una carga positiva en la succión, como en aquellos casos en que se debe extraer al agua de pozos profundos, cisternas, etc., se recomienda usar bombas tipo turbina vertical, debiendo tener en cuenta que los impulsores de la bomba deben colocarse abajo del nivel dinámico.

5.- Las bombas deben ser accionadas por motor eléctrico, turbina de vapor o motor de combustión. El acoplamiento puede hacerse con cualquier cople flexible, con engranes o cajas multiplicadoras (reductores) de engranes. La bomba y tubería de succión y descarga deben estar arregladas, de tal manera que exista espacio suficiente para facilitar la operación y mantenimiento.

6.- Cuando se instalen las bombas verticales dentro de casetas, éstas deben tener el techo lo suficientemente alto para facilitar las maniobras de mantenimiento y reparación de las mismas.

### 8.2.3 Accesorios.

1.- No se permiten el uso de válvulas de globo en ningún lugar de la red de agua para servicio contra incendio, ya que provocan una caída de presión.

### 8.2.4 Motor de Combustion Interna.

1.- Los motores de combustión interna deben tener como mínimo los siguientes instrumentos de control:

- ♦ Gobernador de velocidad variable, con límites de regulación de 8 a 10%.
- Tacómetro.
- ♦ Manómetro para aceite lubricante.
- Indicador de temperatura del aceite lubricante.
- Indicador de temperatura del sistema de enfriamiento.
- Amperímetro.
- Horómetro mecánico.

2.- Los motores de combustión interna deben tener como mínimo los siguientes dispositivos de protección:

	ALARMA	PARO AUTOMATICO
a)Dispositivo para baja presión de aceite.	X	
b)Dispositivo para alta temperatura de aceite.	X	
c)Dispositivo para alta temperatura de agua enfriamiento.	X	
d)Dispositivo para bajo nivel de aceite.	X	
e)Dispositivo para sobrevelocidad (en motores mayores de 200 HP.).		X

**DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

**3.- Los motores de combustión interna deben tener como mínimo los siguientes accesorios:**

- Filtro de combustible (reemplazable).
- Filtro de aire (reemplazable).
- Tablero de alarmas.
- Luces indicadoras.
- Arranque automático en unidades de relevo (optativo).
- Sistema de batería doble y de recarga de éstas.

**4.- Cuando el sistema de enfriamiento de los motores de combustión interno sea por agua, este sistema debe ser circuito cerrado y el agua debe enfriarse en un cambiador de calor agua-aire (radiador) o agua agua; este último caso se debe hacer una derivación en la descarga de la bomba para alimentar únicamente el cambiador de calor.**

**5.- El acoplamiento de los motores a las bombas centrífugas horizontales pueden hacerse por medio de un cople flexible o de una caja de engranes, en las bombas tipo turbina vertical mediante un cabezal de engranes.**

### 8.3 Criterios de Operación.

- 1.-) Existen otros sistemas contra incendio además de los mencionados, como los fijos de HALON 1301, o polvo químico seco que fueron excluidos debido a que sus aplicaciones son más específicas para áreas como centros de cómputo, oficinas, casas de fuerza y otras similares. Los sistemas descritos son los básicos para cualquier unidad de proceso químico o petroquímico.
- 2.-) Tampoco se describen sistemas de detección de humo, ionización de flama, variación de temperatura o sensores de vapores orgánicos, por ser dispositivos complementarios y de alarma para los mencionados.
- 3.-) Como regla de dedo, el volumen mínimo de agua contra incendio debe ser 1000 , aun cuando la cantidad calculada sea menor.
- 4.-) No se requiere necesariamente un recipiente de almacenamiento de agua contra incendio; éste se puede alimentar desde ríos o de mar, purgando periódicamente la tubería para eliminar sedimentos y arena.
- 5.-) Si el recipiente se alimenta con agua que contenga sedimentos, arena o tierra, por lo menos debe limpiarse una vez al año.
- 6.-) En general, la cantidad de agua se determina con base en el equipo contra incendio que se utilizaría en el caso más crítico probable, siempre y cuando esté distribuido de acuerdo con los estándares y se consideren todos los equipos que se utilizarían para combatir y controlar el evento en sí y para proteger las áreas expuestas.
- 7.-) En recipientes utilizados para alimentar agua al proceso y al sistema contra-incendio, la reserva exclusiva de agua contra-incendio puede no ser la requerida para la demanda máxima por dos horas, siempre y cuando el total almacenado sí lo sea, considerando la demanda de agua para otros servicios críticos que no puedan ser interrumpidos, por razones de seguridad, durante un incendio o emergencia mayor.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

8.-) Como regla práctica, las bombas contra incendio deben tener una capacidad mínima de 2000 gpm @ 125 psi. Generalmente son un mínimo de dos unidades, una diesel y la otra eléctrica, siempre y cuando se garantice el suministro de energía al motor eléctrico y a los cargadores de los bancos de baterías del motor diesel durante la situación de emergencia. Sin importar el número de unidades y la garantía del suministro de energía eléctrica, sólo se debe contar con una unidad eléctrica; el resto serán diesel.

9.-) La bomba jockey debe ser eléctrica, con capacidad máxima de 100 gpm @ 125 psi. La capacidad usual es de 50 gpm @ 125 psi, ya que su propósito es el mantener la presión en la red de tuberías, no alimentar equipos contra-incendio.

10.-) El arranque de las bombas contra incendio debe ser automático por baja presión en la red. Para prevenir daños en las unidades de bombeo, la bomba jockey debe mantener la presión de la red a 125 psi como mínimo; las unidades deben arrancar en secuencia, iniciando la eléctrica, por caídas de presión de 10 a 15 psi.

11.-) Es poco común contar con bombas de más de 3000 gpm @ 125 psi. Por ejemplo, si la demanda máxima probable es de 6000 gpm, lo usual es instalar cuatro bombas de 2000 gpm en lugar de tres de 3000 gpm, debido a las características de potencia y consumo de energía de los motores.

12.-) Existen bombas contra-incendio con presiones nominales mayores a 125 psi, que se utilizan si debe suministrarse agua a una gran altura y el diámetro de la red está restringido.

13.-) La curva estandar Q vs H de las bombas contra-incendio, representa sólo una porción de las curvas de especificación, pero sí indica los tres puntos clave que debe cumplir. Debido a que la eficiencia de una bomba varía por la potencia requerida y el tamaño del impulsor, los tres puntos requeridos pueden cumplirse con un motor con potencia suficiente (considerando la altura SNM a la que se instalará) y con el tamaño de impulsor o número de tazones adecuado.

14.-) Pueden utilizarse motores diesel enfriados por radiador si se garantizan rutinas de inspección para verificar que el nivel de agua de enfriamiento se mantenga en todo momento.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

15.-) No deben utilizarse motores de gasolina para bombas contra-incendio, ya que son poco confiables en su operación, requieren mayor frecuencia de mantenimiento y el almacenamiento de gasolina es un riesgo adicional para un equipo de protección vital, como lo son estas unidades.

16.-) Debe haber un operador para las unidades de bombeo debidamente capacitado en los componentes, la operación, qué hacer en caso de que se accionen las alarmas, qué puntos deben revisarse y cuándo parar las unidades diesel. La unidad eléctrica puede parar automáticamente al restablecerse la presión en la red, las diesel deben parar después de operar durante un mínimo de 20 min. a plena capacidad. El operador debe registrar su rutina en una lista de verificación.

17.-) Las unidades de bombeo deben probarse semanalmente a plena capacidad (sin descargar agua por los equipos, el exceso de presión se liberará por la válvula de alivio) por 30 min. las diesel y 15 min la eléctrica, "puenteando" el paro automático. El operador debe aplicar la lista de verificación.

18.-) El responsable de las unidades de bombeo contra-incendio debe mantener el registro de cada una, incluyendo las especificaciones y curvas, histórico de fallas y acciones tomadas, pruebas semanales y anual de verificación de la curva Q vs H y mantenimiento aplicado.

19.-) Es recomendable que la válvula de alivio descargue a un punto donde el agua pueda ser recuperada. Puede descargar al mismo recipiente, siempre y cuando la columna de agua a vencer no represente una contrapresión tal que impida la operación de la válvula a la presión de calibración.

20.-) No deben instalarse válvulas seccionales que no sean de compuerta indicadoras por vástago saliente o poste. Las válvulas deben asegurarse en abierto por cadenas y/o candados. Las llaves de los candados deben estar identificadas y bajo control del responsable del sistema.

21.-) Las válvulas seccionales deben inspeccionarse y probarse mensualmente.

22.-) El sistema de tuberías debe purgarse una vez al año. Si la temperatura ambiente puede descender abajo de 0 °C, la purga será semanalmente durante esa época. Ésta condición ambiental es otro factor para decidir si la red de tuberías se instala superficial o subterráneamente.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

23.-) Los cañones monitores sirven para proteger equipos o instalaciones elevados o de difícil acceso durante una emergencia (torres, columnas, tanques de almacenamiento, estibas de tambores o de materiales sólidos, etc.). Pueden instalarse a nivel de piso o en plataformas. Existen dispositivos para operarlos remotamente, ya sea manual (cadenas) o por servomecánismos. También hay boquillas especiales para descargar espuma contra-incendio además de agua, que requieren una presión de operación de 100 psi.

24.-) Los hidrantes exteriores pueden proteger interiores pero los interiores no deben considerarse para proteger áreas exteriores. Este concepto es importante cuando se distribuyen los hidrantes, ya que puede omitirse la instalación de hidrantes interiores, si existen exteriores que puedan cubrir esa área con acceso franco.

25.-) En edificios con escaleras exteriores al área de proceso, pueden instalarse hidrantes en cada acceso, los cuales se consideran exteriores. Si las áreas interiores son muy grandes, deben instalarse suficientes hidrantes interiores considerando un radio de cobertura de 15 mts.

26.-) En el nuevo concepto de combate de incendios, las mangueras de 2 y pulg. se utilizan para alimentar dos mangueras de pulg., lo cual provee mayor alcance y movilidad de la brigada. Por ésta razón, es necesario contar con suficientes "Y" de 2 ó pulg., mangueras de 30mts. de pulg. y boquillas de tres pasos de pulg.. Las razones principales son:

- Una manguera de pulg. descargando 95 gpm @ 100 psi, pueda ser manejada por dos brigadistas; una de pulg. descargando 300 gpm @ 100 psi requiere un mínimo de cuatro brigadistas.
- Las mangueras de pulg son más fáciles de manejar en áreas interiores o restringidas que las de pulg.

27.-) Los equipos de bombero deben ser profesionales y reponerse al deteriorarse (cambio de color, roturas y otro daños significativos). Los cascos y las botas no deben repararse. Los chaquetones y pantalones pueden repararse si el daño es menor y se utiliza el mismo material (Nomex o PBI).

28.-) Debe contarse con un equipo de aire autónomo por cada brigadista que deba entrar en un área cerrada y mínimo un cilindro de aire de repuesto para cada equipo.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

29.-) Cada componente de la red contra-incendio debe ser inspeccionado y probado con la siguiente frecuencia:

- Cada 7 años: prueba hidrostática de equipos de aire autónomo.
- Cada 5 años: prueba hidrostática para los extintores presurizados.
- Anual:
  - a) Recipiente.
  - b) Flujo por la red de tuberías y operación de las válvulas seccionales.
  - c) Curva Flujo vs Presión de las bombas.
  - d) Purga del sistema de tuberías.
  - e) Prueba hidrostática de mangueras.
- Mensual:
  - a) Mangueras y boquillas.
  - b) Hidrantes y monitores.
  - c) Válvulas seccionales.
  - d) Caseta de equipo y contenido.
- Semanal: prueba de bombas contra-incendio.

El registro de inspecciones, pruebas y mantenimiento, es vital para el control adecuado del sistema y del equipo.

30.-) Los sistemas aplicables a las unidades de proceso son el húmedo automático y el diluvio, dependiendo del tipo de área a proteger y de la posibilidad de un derrame grande de líquidos inflamables o combustibles. El sistema seco se instala sólo si la temperatura ambiente puede congelar el agua en las tuberías; el preacción se instala en áreas que tengan valores irremplazables como museos, librerías o galerías de arte.

31.-) Aunque no es recomendable, pueden instalarse sistemas diluvio operados manualmente, siempre y cuando se asegure que una persona accionará la válvula desde un punto remoto o adecuadamente protegido.

32.-) El sistema húmedo debe inspeccionarse cada mes y probarse cada 6 meses por la línea de 2 pulg. de diámetro (prueba de alarma de flujo) y por la conexión de pulg. (operación y purga del sistema).

33.-) El sistema diluvio debe inspeccionarse cada mes y operarse cada año para verificar que no haya raciadores tapados.

---

**DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

**34.-) Las bases del diseño hidráulico de la red de agua contra-incendio y de los sistemas de rociadores, se fundamentan en estándares internacionales; los valores tope indicados son criterios operativos derivados de la experiencia industrial en éste campo.**

#### 8.4 Criterios Generales para Construcción, Instalación y Mantenimiento.

##### 8.4.1 Bombas.

1.-) Las bombas deben instalarse en casetas o cobertizos construidos y localizados en lugares donde no se espere que sufran daño al ocurrir el incendio. Estas casetas o cobertizos deben ser de material no combustible y suficientemente amplias. Las bombas y tuberías deben estar arregladas, de tal manera que facilite su operación y mantenimiento. Deben tener buena iluminación, tanto artificial como natural, ventilación y drenaje con objeto de mantener la caseta o cobertizo seco y libre de humedad. Además, los circuitos de alumbrado y control deben estar conectados a un sistema de emergencia, a fin de contar con energía eléctrica en cualquier momento.

2.-) Cuando se instalen las bombas tipo turbina vertical, es necesario que la caseta tenga un techo lo suficientemente alto para facilitar las maniobras de mantenimiento.

3.-) Las bombas centrífugas horizontales, deben trabajar con la succión ahogada.

4.-) La bomba y el motor deben estar fijos a una base común de acero, a fin de asegurar el alineamiento adecuado para evitar calentamiento en los cojinetes, desgaste rápido en las chumaceras, pérdida de eficiencia en las bombas, rotura de flecha, etc. La base de acero debe colocarse sobre una cimentación de concreto reforzado, incluyendo el anclaje ahogado en la misma o sobre una estructura de acero.

5.-) En los casos en que se requiera, se colocará un colador con aberturas amplias y área equivalente al 200% del área efectiva del tubo de succión. Cuando se trate de bombas verticales, dicho colador debe estar instalado por lo menos a 300mm sobre el fondo del cárcamo y a 600 mm, como mínimo, abajo del nivel dinámico.

6.-) No debe conectarse ninguna tubería a la bomba hasta que está debidamente instalada. Todas las tuberías deben soportarse en la forma que no se transmitan esfuerzos a la carcasa de la bomba.

#### **DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

7.-) Al terminar la instalación de la red, se debe hacer funcionar la bomba a la presión y gastos normales; cuando sea accionada por motor eléctrico durante media hora, o durante una hora cuando sea accionada por motor de combustión interna o turbina de vapor. Posteriormente, esta prueba debe hacerse semanalmente.

8.-) A continuación se debe hacer la prueba al 150% de la capacidad normal para asegurarse que ni la bomba ni la línea de succión tengan problemas de obstrucción, ocasionados por válvulas pegadas, sedimentos en la carcasa, etc., posteriormente, esta prueba debe hacerse semanalmente.

#### **8.4.2 Motores e Instalaciones Electricas.**

1.-) La instalación de líneas eléctricas dentro de la caseta o cobertizo de bombas debe ser del tipo oculto, alojadas en tubo "conduit" hasta la conexión con el motor de la bomba.

2.-) Los controles e interruptores deben ser de la capacidad necesaria, instalados en gabinetes lo más cerca posible del motor.

3.-) El arranque de motores a voltaje reducido debe ser tal que el periodo de aceleración del motor no sea mayor de 10 seg.

#### **8.4.3 Motores de Combustion Interna.**

1.-) El suministro de combustible debe ser tal que garantice el funcionamiento de la unidad ininterrumpidamente durante ocho horas como mínimo trabajando a su máxima capacidad.

2.-) El motor deberá funcionar dos veces por semana por lo menos durante una hora, sin mostrar calentamientos anormales, ni deficiencia alguna.

3.-) El tanque de combustible debe mantenerse lleno, libre de agua y materias extrañas.

4.-) El aceite lubricante y su filtro deben reemplazarse cada tres meses o 40 horas de operación, lo ocurra primero.

5.-) Las baterías deben mantenerse cargadas y se debe probar periódicamente el sistema automático de carga, el estado de las celdas y la carga en las baterías.

6.-) El filtro de aire debe limpiarse periódicamente y cambiarse cuando sea necesario.

#### 8.4.4 Turbinas de Vapor.

1.-) La línea de alimentación de vapor a la turbina debe estar aislada térmicamente, no debe tener válvula reguladora de presión, además de contar con los filtros y trampas de vapor necesarios.

2.-) El tubo de escape de vapor deberá descargar a la atmósfera, sin ninguna restricción.

3.-) La turbina debe contar con las facilidades necesarias para mantenerla caliente y lista para entrar en servicio siempre que se requiera.

4.-) En este equipo se deben efectuar las siguientes revisiones:

- Las trampas de vapor deben estar en buen estado y deberán operar de acuerdo con las necesidades del servicio y el diseño.
- Los filtros para vapor deben estar en buen estado y no deberán tener ninguna obstrucción alguna. En el caso de filtros duplex, debe comportarse el buen funcionamiento de los mecanismos.
- En los sistemas de lubricación se deberá revisar que operen normalmente y que el equipo esté en buen estado.
- En la turbina se deberá comprobar el funcionamiento del gobernador. No debe existir fugas de vapor en los sellos de la flecha y sobrecalentamiento en las chumaceras, además, se deben revisar los niveles de aceite lubricante, y todos aquellos parámetros recomendados por el proveedor del equipo.

#### 8.4.5 Tubería.

1.-) Los materiales de tubería usados en la construcción de redes de agua contra incendio deben satisfacer los requisitos de esta norma. (ver tabla 5.5).

2.-) Al instalar la tubería en cepas o trincheras, esta debe limpiarse interiormente sus extremos. Taparse provisionalmente con los medios apropiados hasta terminar su instalación, para evitar que penetren a ella piedras o materias extrañas.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

3.-) La tubería que se instale en cepas debe apoyarse en toda su longitud y cuando se instale en trincheras debe apoyarse sobre soportes de concreto, espaciados, para evitar deflexiones mayores de 6 mm en la tubería.

4.-) Las cepas deben prepararse con un colchón compacto de arena o tierra sin materia vegetal que pueda dañar el recubrimiento; estos materiales no deben contener cenizas o materias corrosivas. Cuando se suba la cepa, se debe compactar la tierra alrededor de la tubería.

5.-) Una vez terminada la instalación y antes de cubrir la tubería, debe probarse hidrostáticamente durante dos horas como mínimo a una presión de 50 % mayor que la máxima de operación, pero nunca menor de 15 .

6.-) Toda la tubería contra incendio que se instale sin enterrar, debe protegerse con un recubrimiento anticorrosivo, y con franjas de color rojo bermellón, como lo indica la norma de seguridad No. AI-1.

7.-) En las redes de agua contra incendio, deben determinarse las caídas de presión en todas las tomas cada seis meses como mínimo, con el fin de efectuarse posibles obstrucciones y determinar la conveniencia de efectuar una limpieza. Esta limpieza puede hacerse por medios mecánicos o químicos y se debe efectuar en el menor tiempo posible y por secciones de la red.

8.-) Limpieza mecánica: Consiste en raspar y cepillar los depósitos de óxido con herramientas especiales. El material aflojado puede expulsarse de la tubería con agua a presión.

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

- Accionamiento hidráulico: El procedimiento consiste en insertar la herramienta de limpieza en un extremo de la tubería; a continuación se hace circular el agua para que la presión de ésta empuje al raspador a través de la tubería. Este método se utiliza para tuberías de 101 mm (4") de diámetro y mayores.
- Accionamiento mecánico: Utilizando raspador rotatorio accionado con flecha flexible por un motor. Este procedimiento se usa cuando los depósitos dentro de la tubería son demasiados duros para removerlas con éxito por el método anterior. Se recomienda usarlo para limpiar longitudes de tubería hasta de 100 m.

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

9.-) Limpieza química: Las sustancias químicas más comunes para limpiar tuberías son ácido clorhídrico diluido u otras soluciones ácidas. Este procedimiento se recomienda usarlo donde la tubería tiene muchos cambios de dirección. El tipo y concentración del compuesto químico dependerá de la naturaleza de la incrustación.

La solución debe hacerse circular continuamente a través de la tubería o permanecer dentro de ésta hasta limpiarla. Para reducir la reacción con el tubo posteriormente a la aplicación del compuesto se debe usar algún tipo de inhibidor de corrosión. En aquellos casos donde sea factible, los inhibidores se agregan al compuesto químico.

10.-) Cuando sea necesario utilizar agua salada en la red de agua contra incendio, procurar lavarla con agua dulce, dejándola cargada y presionada. En caso de no tener agua dulce, debe quedar cargada y presionada con agua salada.

#### 8.4.6 Válvulas.

1.-) Las válvulas pueden instalarse a la intemperie o en registros.

2.-) Todas las válvulas de seccionamiento, deben ser de compuerta y vástago ascendente.

Las válvulas enterradas deben estar equipadas con poste indicador que permita abrir o cerrar la válvula desde el exterior, al mismo tiempo que señale cuando esté abierta o cerrada.

Este poste debe estar colocado, de manera que la parte superior quede a una altura máxima de 900 mm sobre el nivel del terreno y con protección contra golpes en lugares donde así se requiera.

3.-) Cuando las válvulas se instalen en registro, éstos deben ser fácilmente accesibles para inspección, operación, prueba y mantenimiento. Dichos registros deben construirse de concreto o tabique y cubrirse con tapas que eviten el paso del agua al interior, debiendo tener drenajes para eliminar los escurrimientos de agua.

4.-) Durante la instalación o mantenimiento de las válvulas se debe tener cuidado al apretar de los espárragos de las bridas, para evitar daños a las

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

mismas. Al apretar debe hacerse con ayuda de torquímetros y siguiendo las recomendaciones del fabricante.

5.-) Todas las válvulas de seccionamiento deben estar claramente identificadas.

#### 8.4.7 Hidrantes.

1.-) Los hidrantes, así como otras salidas para mangueras contra incendio, deben tener conexiones en buen estado y mantenimiento protegidas con tapas. Las válvulas de los hidrantes deben ser mantenidas en buenas condiciones de operación.

2.-) En caso de observarse fugas en los hidrantes, deben efectuarse inmediatamente las reparaciones necesarias para corregirlas.

#### 8.4.8 Monitores Fijos.

1.-) La operabilidad de los monitores se debe de comprobar cada tres meses, accionando los mecanismos de movimientos tanto vertical como horizontal, vigilando al mismo tiempo el estado de lubricación de los mismos. Las válvulas de bloqueo de los monitores deben mantenerse en buenas condiciones de operación.

2.-) Las boquillas de los monitores deben formar chorro de agua y niebla regulable, además, deberán someterse cuando menos cada tres meses a revisiones que permitan comprobar su buen funcionamiento ( que giren libremente y que además no estén obstruidas).

3.-) En caso de observarse fugas por cualquier parte del monitor, deben efectuarse de inmediato las reparaciones necesarias para corregirlas.

## CAPITULO 9

*"DISEÑO DE UNA RED DE AGUA  
CONTRA INCENDIO  
PARA UN PROCESO DE  
NEGRO DE HUMO".*

## 9.0 Generalidades.

Para finalizar y aplicar los conocimientos adquiridos en los capítulos anteriores se diseñara una red de agua contra incendios, y en éste caso será para un proceso de negro de humo.

¿Porqué un proceso de negro de humo?. Esto se debe a la facilidad de que se tuvo para obtener la información, lo cuál es importante para cualquier diseño el tener la información mínima necesaria para el diseño de una red de agua contra incendios. En éste trabajo vamos a clasificar la información en orden de importancia, ya que se podrá contar con diferentes documentos del proceso en el cual se diseñará la red, la manera en que se clasificará la información será de la siguiente forma:

1) Información primaria: Será la información mínima necesaria que se podrá tener para poder diseñar una red de agua contra incendio hidráulicamente, y sin ella no podremos diseñar nada, ya que con estos documentos conoceremos los tipos fluidos que habrán en éste ( si son flamables, combustibles, etc.), los flujos, almacenamiento, reacciones, y en que línea o tanque se localizan, estos documentos son:

- Diagrama de flujo de proceso.
- Descripción del proceso.
- Diagrama de tubería e instrumentación.

2) Información secundaria: Será la información con la que se podrá redondear el diseño, como es el establecer el suministro de agua, condiciones climatológicas, ( como son los vientos dominantes y reinantes, temperatura del lugar, humedad de el lugar, mantos acuíferos, etc.), topografía del lugar, y los fenómenos metereológicos que ocurren (si es zono sísmica, de huracanes, etc.) estos documentos no son indispensables para el diseño hidráulico de una red de agua, ya que el diseño hidráulico se puede hacer con la información del punto anterior, pero si lo son cuando se desee llevar el proyecto a campo, es decir, cuando el proyecto no que no más en números y planos, o bien sea un diseño didáctico para la enseñanza de alumnos, sino que sea un proyecto en planta; estos documentos son:

- Diagrama de flujo de proceso.
- Descripción del proceso.
- Diagrama de tubería e instrumentación.
- Diagrama de servicios del proceso.
- Diagrama de localización de equipo. (Plot Plant).

- Ubicación de la planta.

3) Información terciaria: Es toda la información de el proceso a la cual se va a diseñar la red de agua contra incendio, en la cual conoceremos los información que no es indispensable conocer para el diseño de la red de agua contra incendios, pero sí, cuando ocurra un incendio se conocerá información importante sobre la resistencia de los equipos y tuberías en los diseños mecánicos de los equipos, cimentaciones, sistemas de desfogue del proceso, etc., los cuales se encuentran en la siguiente información:

- Ingeniería básica del proceso.
- Ingeniería de detalle del proceso.

Después de tener la información necesaria de el proceso a proteger, es importante conocer cual es el tipo de riesgo a proteger, si es una explosión, un incendio, etc., según el tipo de fluidos y materiales que se manejen en la planta, conociendo el tipo de riesgo se evaluará lo siguiente:

- Determinar las cargas de incendio.
- Determinar el volumen de agua a utilizar.
- Fuentes de abastecimiento de agua.

conociendo los datos anteriores se determinará cual es la dirección de los vientos dominantes y/o reinantes, para ubicar la fuente de abastecimiento de agua, que puede ser un tanque elevado, cisterna o pozo, es importante mencionar que se diseñara de acuerdo a los vientos dominantes y la fuente de abastecimiento se ubicará en el proceso por donde éstos entren a la planta, para evitar que en caso de un incendio las llamas lleguen a éste.

De acuerdo con la NFPA y con las normas PEMEX todo proceso u edificio deberá contar con un sistema de extinción fijo como son los extintores, ya sean de polvo químico, CO<sub>2</sub>, etc. los cuales se ubicaran en los planos generales o en el diagrama de flujo del proceso de la red de agua contra incendios.

Se establecerán las presiones mínimas requeridas a la descarga y se ubicaran los hidrantes y/o monitores como se ha establecido en el capítulo no. 5, y el cuarto de bombas.

### 9.1 Clasificación de Substancias.

Como se establecio en el capítulo 2 se deberán conocer los tipos de fluidos y sus características que se manejarán en el proceso, en éste caso de negro de humo, por lo cual comenzaremos por los fluidos que se utilizan como materia prima y se finalizará con las características generales del negro de humo.

#### 9.1.2. ACEITE DE CONVERSION.

Es importante mencionar que la única materia prima en el proceso de negro de humo es el aceite de conversión, por lo que se estudiaran sus características principales.

##### 9.1.2.1. Identificación de la Substancia.

Nombre Químico: Aceite Decantado.

Familia Química: Hidrocarburo de Petróleo.

Fórmula Química: Es una mezcla compleja de hidrocarburo de petróleo, producto de una fracción de la destilación de productos del proceso de craqueo catalítico, consistentes en hidrocarburos que contienen un número de carbonos que en promedio son mayores de 20 carbonos, y el punto de ebullición es del rango de 350 °C, esto, contiene aprox, un 5% en peso o más de los 4 a 6 miembros de anillos aromáticos condensados.

Otros Nombres: Aceite Aromático del Petróleo, Aceite Aromático del Proceso, Aceite Feedstock para Negro de Humo, Carga para Negro de Humo.

##### 9.1.2.2. Componentes.

Componente.	No. C.A.S.	Porcentaje.	Conc. MÁx. Permitida OSHA.	Conc. Máx. Permitida ACGIH.
Aceite Decantado.		100	PEL/ 8H TWA =5 mg /m <sup>3</sup> . NIOSH REL EXTRACTOS CICLOHEXANO=0.1mg/m <sup>3</sup> .	TLV/8H/TWA = 5 mg/m <sup>3</sup> TLV/STEL = 10 mg/m <sup>3</sup> .

### 9.1.2.3. Propiedades Físicas.

Punto de Ebullición:	243 °C.
Gravedad Específica (H <sub>2</sub> O):	1 a 1.5
Presión de Vapor (mmHg):	Despreciable.
Densidad de Vapor (aire=1):	Mayor al Aire.
Solubilidad en Agua:	No Definido.
% de Volátiles en Volúmen:	N/D a 100 °F.
Apariencia y Color:	Aceite Oscuro/Olor a Aceite de Petróleo.
Relación de Evaporación:	Muy Bajo.
Poder Calorífico (BTU/lb):	16569
Capacidad Calorífica (BTU/lb°F)	0.43066

### 9.1.2.4. Datos de Riesgo de Incendio o Explosión.

Inflamabilidad:	Es muy Combustible.
Punto de Desprendimiento de Vapores (Flash Point):	A Copa Cerrada: 65.6 °C.
Límites de Inflamabilidad y Explosividad:	Límite Bajo y Alto: No definido.

#### Procedimientos Especiales para el Combate de Incendios:

- Use agua en forma de neblina, enfríe los contenedores o tanques y estructuras y proteja al personal, si existe alguna fuga y no hay fuego, use agua en forma de neblina para dispersar los vapores y cubre con espuma AFFF y elimine la fuga. Evite contaminar los mantos freáticos.

#### Elemento Apropiado de Extinción:

- Agua en forma de neblina, espuma AFFF (agua ligera), Polvo Químico Seco, Bióxido de Carbono.

#### Riesgos Especiales en Caso de Incendio o Explosión:

- Peligroso cuando se expone al calor o a la flama, los tanques pueden explotar si son calentados o existe fuego.
- En los drenajes constituyen riesgos de incendio o explosión, pueden ser emitidas sustancias tóxicas durante la descomposición térmica.
- Las brigadas deberán usar equipos de protección respiratoria con aire autónomo.

#### 9.1.2.5. Riesgos a la Salud.

Efectos de exposición a la Inhalación: Agudo y Crónico.

- Agudo: Puede causar irritación en la garganta. La exposición a altas concentraciones de vapores, puede causar neumonía.
- Crónico: Una exposición frecuente a vapores, puede ocasionar una fibrosis pulmonar ligera o una posible carcinoma en el tracto respiratorio y posiblemente un carcinoma en la parte alta del tracto gastrointestinal.

Efectos de exposición a la piel: Agudo y Crónico.

- Agudo: Prácticamente no es tóxico, puede causar ligera irritación o reacción alérgica en algunos individuos. El aceite caliente puede causar quemaduras.
- Crónico: Repetidas exposiciones, pueden resultar en acné, dermatosis, inflamaciones, y en algunos casos, una infección. Una exposición prolongada por más de 27 días, puede provocar cierto tipo de tumores en la piel.

Efectos de exposición en los ojos: Agudo.

- Agudo: Moderada irritación, variará si el material está caliente.

Efectos de exposición de ingestión: Aguda.

- Aguda: Moderadamente tóxico, puede causar disturbios gastrointestinales.

Ruta primaria de entrada: Ojos, Ingestión, Inhalación, Piel.

#### Procedimientos de Primeros Auxilios.

Ojos:

- Lave abundantemente con agua por un tiempo no menor a 15 minutos, eventualmente levante los párpados para eliminar toda la sustancia.
- Las quemaduras térmicas necesitan de atención inmediata.

Ingestión:

- No provoque vómito, si en forma espontánea ocurre, observe si existe dificultad para respirar.
- Solicite ayuda médica inmediatamente.

**Inhalación:**

- Retire a las personas del lugar en exposición, a un lugar ventilado.

**Piel:**

- Quite la ropa contaminada y lave la piel con jabón y agua.
- Si existen quemaduras, debe recibir atención médica de inmediato.

En todos los casos después de la anterior, solicite ayuda médica.

Nota al Médico: Este producto no ha sido verificado en relación a otros efectos, la aspiración de altas concentraciones, puede provocar neumonía. En los casos de víctimas inconscientes, debe usar un tubo endotraqueal para lavado gástrico.

**9.1.2.6. Reactividad.**

**Estabilidad:** Estable.

**Peligro de Polimerización:** Ninguno.

**Productos Peligrosos de la Descomposición:** En la descomposición se puede producir CO, SO<sub>2</sub> y otros hidrocarburos.

**Condiciones que deben Evitarse:** Evite el contacto con sustancias oxidantes fuertes.

**9.1.2.7. Procedimiento para Derrames y Fugas.**

**Secuencia a Seguir en caso de Relevo, Fuga o Derrame.**

- Mantenga alejada toda fuente de ignición.
- Manténgase a favor del viento y lo más lejos del derrame.
- Aisle el área y permita el acceso solamente al personal autorizado.
- Detenga el derrame o las fugas si esto es posible con el mínimo riesgo.
- Use equipo adecuado y protección respiratoria, de acuerdo a las condiciones de riesgo evite que el derrame se vaya a los drenajes.
- Instale diques para contener los derrames.
- Use materiales absorbentes para recolectar el derrame.
- De aviso a las autoridades de acuerdo a las leyes vigentes.
- Cualquier derrame debe ser inmediatamente limpiado.

- Cualquier derrame que no pueda ser contenido de inmediato, debe ser considerado como catastrófico y avisar de inmediato a la autoridad para mitigar los daños al medio ambiente.

#### Método de Disposición de Residuos.

La disposición de residuos, esto es, todo aquel material que sea posible recuperar, deberá efectuarse de acuerdo a las Normas Oficiales vigentes.

#### 9.1.2.8. Protección y Medidas de Control.

Almacene el material en un lugar fresco, seco y lejos de áreas calientes o fuentes de ignición, mantenga los recipientes cerrados, evite los materiales incompatibles, no entre a los sitios confinados sin el equipo de protección adecuado, no vuelva a utilizar aquella ropa que haya sido contaminada, para cualquier mantenimiento, siga los procedimientos correspondientes.

#### Medidas de Control.

##### Protección espiratoria:

- No se requiere ninguna especial, en caso de que se excedan los límites permitidos, use mascarillas adecuadas contra vapores de hidrocarburos y en su caso equipos de aire de flujo continuo o auto contenido.

##### Ventilación:

- Si la ventilación que se logre por las corrientes de aire no es suficiente, utilice ventilación adicional, cuidando de evitar la formación de mezclas explosivas y en su caso, será necesario utilizar alumbrado y equipo eléctrico a prueba de explosión, así como herramienta antichispa.

##### Guantes de Protección:

- Use guantes de hule para evitar todo contacto del aceite con la piel.

##### Protección a los Ojos:

- Use protección adecuada para evitar salpicaduras y consulte a su especialista.

**Prácticas Higiénicas:**

- Luego de cualquier exposición aún cuando no haya sido salpicado, es recomendable un baño completo, para remover cualquier cantidad de vapores en el pelo y la piel.
- La ropa que haya usado, lávela antes de volverla a usar, aún cuando no se haya contaminado.
- Es recomendable usar una crema protectora o vaselina, antes de efectuar cualquier trabajo con el acetite.

**9.1.2.9. Precauciones Especiales.**

Precauciones que deben ser consideradas en el manejo y almacenamiento:

- Evite cualquier objeto que pueda generar chispas, alefectuar la descarga o la medición de tanques, use ropa que no sea de poliéster o sintética, ya que produce cargas electrostáticas.
- Mantenga despejados los denteos y los arrestadores de flama.

### 9.1.3. NEGRO DE HUMO.

Familia química: No metálico.

#### 9.1.3.1. Composición./ Información sobre Ingredientes.

Componente: Negro de humo, Carbón negro.

Cas number: 1333-86-4.

Porcentaje: 99.5%

Otros contaminantes: Materia orgánica de extracción, cenizas.

#### 9.1.3.2. Identificación de Riesgo.

Cercla rating (escala: 0-3) :

- Salud : 1
- Flamabilidad : 1
- Reactividad : 0
- Persistencia : 1

NFPA rating (escala: 0-4) :

- Salud : 1
- Flamabilidad : 1
- Reactividad : 0

#### 9.1.3.3. Inspección de Emergencia.

El negro de humo es inoloro, sólido negro. Causa problemas respiratorios e irritación a la piel. Puede formar mezclas aire-polvo, flamables o explosivas.

Mantengalo alejado de cualquier fuente de ignición. Evada aspirarlo directamente, evite el contacto con los ojos, piel y ropa. Mantengalo en contenedores o envases bien cerrados. Evite su dispersión, lavese perfectamente despues de utilizarlo. Utilicelo únicamente con una ventilación adecuada.

#### 9.1.3.4. Efectos Potenciales en la Salud.

**Inhalación:**

- En términos de una corta exposición: Puede causar irritación.
- En términos de una larga exposición: Puede causar tos, dolor de pecho, dificultad al respirar, dolor de cabeza, debilitamiento y daños pulmonares.

**Contacto con la piel:**

- Puede causar irritación.
- Puede causar acné.

**Contacto en los ojos:**

- Puede causar irritación

**Ingestión:**

- No hay información disponible, ni efectos adversos.

#### 9.1.3.5. Situación Cancerígena.

OSHA: N  
NTP: N  
IARC: N

#### 9.1.3.6. Primeros Auxilios.

**Inhalación:**

- Primero ayude a quitarse o a moverse del área de exposición, hacia un lugar fresco inmediatamente.
- Si la respiración se ha detenido haga uso de respiración artificial.
- Mantenga a la persona caliente y en reposo.
- Aplique el tratamiento sintomático y de apoyo.
- Obtenga atención médica inmediatamente.

**Contacto con la piel:**

- Primero ayude a quitar la ropa contaminada y zapatos; inmediatamente lave el área afectada con jabón o detergente blando, y en grandes cantidades de agua, hasta que no haya alguna evidencia de remanente químico (aproximadamente de 15 a 20 minutos).
- Dé atención médica inmediatamente.

**Contacto en los ojos:**

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

- Primero ayude a lavar los ojos inmediatamente con grandes cantidades de agua de salinidad normal.
- Ocasionalmente jale el párpado superior e inferior hasta que no haya evidencia de remanente químico (aproximadamente de 15 a 20 min.).
- Obtenga atención médica inmediatamente.

#### Ingestión:

- Aplique el tratamiento sintomático y de apoyo.
- Si hay vómito mantenga la cabeza baja, con la barba pegada al pecho para prevenir aspiración.

No hay antídoto específico, aplique el tratamiento sintomático y de apoyo.

#### 9.1.3.7. Medidas para Prevenir el Fuego.

- Fuego y explosiones peligrosas.
- Fuego leve cuando se expone a calor o flama.
- Mezclas de aire-polvo, pueden incendiarse o explotar.

#### Medios de extinción:

- Químicos secos, CO<sub>2</sub>, spray de agua o espumas.
- Para fuegos grandes, use spray de agua, neblina o espumas.

#### Medios para combatir el fuego:

- Mueva o quite el contenedor del área de fuego si usted puede hacerlo sin ningún riesgo.
- No disperse o chorree el material con agua a alta presión.
- Forme un muro con el agua (contra incendio) para liquidar el fuego.
- Utilice agentes adecuados para el tipo y condiciones del fuego.
- Evite respirar vapores y manténgase a favor del viento.
- Autoignición: 1,652 °F (900°C).

#### Productos de combustión peligrosos:

- Productos de descomposición térmica, pueden incluir óxidos de carbono tóxicos.

#### 9.1.3.8. Medidas de Escape Accidentales.

##### Derrame industrial:

- Para grandes derrames recoja con un mínimo de polvo y colóquelo en un lugar adecuado y limpio, seque los contenedores para una reclamación posterior.
- El residuo debe ser limpiado utilizando una aspiradora filtro con gran eficiencia en tamaño de partículas.

#### 9.1.3.9. Manejo y Almacenamiento.

- Siga todas las regulaciones federales, estatales y locales en el almacenaje de ésta sustancia.
- Guarde en un contenedor perfectamente cerrado.
- Almacénelo o guardelo fuera del alcance de sustancias incompatibles.

#### 9.1.3.10. Control de Exposición y Protección Personal.

##### Límites de exposición (negro de humo):

- 3.5 OSHA, TWA.
- 3.5 ACGIH, TWA.
- 3.5 NIOSH, TWA.
- 0.1 NIOSH, recomendado por TWA en presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos.

##### Método de medición:

- Filtro de partícula.
- Gravimétrico. (NIOSH Vol. III # 5000).

En presencia de hidrocarburos policíclicos aromáticos a cualquier concentración es detectable.

El libro "Dangerous Properties of Industrial Materials". Autor, Sax describe al negro de humo de la siguiente forma:

Riesgo de incendio: ligero cuando se expone al calor o a la flama.

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

El código NEC clasifica a los polvos de negro de humo en el grupo "F" ( en éste grupo se clasifica a los polvos de carbón y de coke) cuando este tiene más del 8% de material volátil (Negro de Humo del estandar ASTM D1620) o en atmósferas en que esté sensibilizado por otros materiales que presentan peligro de explosión y tengan una resistividad mayor a  $10^2$  ohm-centímetro pero igual o menor a  $10^8$  ohm-centímetro.

#### 9.4 Cálculo Hidráulico.

En ésta sección se determinarán los flujos que se manejarán en los diferentes casos críticos que se consideran en el proceso. Es importante mencionar que se cuenta con un Plot Plant que fue proporcionado por la planta de Negro de Humo , en Salamanca; por convenio con ellos algunos datos serán renombrados para no afectar a la planta, ya que el diseño que aquí se presenta será representativo para el diseño de una red de agua contra incendio, y debido a esto sólo se diseñara la red de agua contra incendio a una sólo sección, que es la de almacenamiento de aceite de conversión.

El trazo de la red de tuberías será propuesto de acuerdo a las condiciones de el lugar y del terreno.

Con lo antes mencionado, con las características de los fluidos, y nuestro plot plant, y las características del lugar se partira con lo siguiente:

Presión atmosférica: 760 mmHg, 14.7 lb/in<sup>2</sup>.  
Temperatura ambiente: 25 °C, 77 °F.  
Densidad del agua: 1 gr/ml, 62.3lb/ft<sup>3</sup>.  
Capacidad calorífica: 0.529 BTU/lb °F (de 212 a 470 °F).  
Capacidad calorífica: 0.554 BTU/lb °F (de 77 a 211 °F).  
Calor latente de vaporización: 970.3 BTU/lb

De el plano 1, que corresponde al plot plant de la planta pero con la red de agua contra incendio y será nuestro diagrama de flujo de proceso ( DFP ) de la red, se denominarán los siguientes casos como críticos, y en base a ellos se evaluará cual será el flujo máximo de agua y la caída de presión mayor, para ser determinada en la red.

#### 9.4.1 Casos Críticos.

1. Demanda Máxima para la planta de Hule sintético.
2. Línea de proceso.
3. Area de secadores.
4. Ensacadora y carros tolva.
5. Area de filtros.
6. Bodega no.2
7. Bodega no. 3
8. Espacio ubicado entre baños, talleres y almacenes.
9. Tanque de almacenamiento 908 A/B/C/D.
10. Tanque de almacenamiento 908 E.

#### 9.4.2 Determinación de Flujos de Agua.

Para el área de bodegas, el cálculo se realizará de acuerdo al método ISO, aplicando la ecuación 4.1, obteniendo lo siguiente:

Caso no. 6:

$$A_i = 2315 \text{ ft}^2.$$

Caso no. 7:

$$A_i = 2096 \text{ ft}^2.$$

Caso no. 8:

$$A_i = 3971.87 \text{ ft}^2.$$

Par el cálculo del factor de construcción  $C_i$ , se considerará  $F= 0.6$  ya que se tienen estructuras modificadas resistentes al fuego, por lo tanto:

Caso no. 6:

$$C_i = 519.7$$

Caso no. 7:

$$C_i = 494.55$$

Caso no. 8:

$$C_i = 680.646$$

Para el cálculo del factor de ocupación  $O_i$ , se considera de la tabla 4.1 un valor de 0.85 en los tres casos.

Para los factores de exposición  $X_i$ , y de comunicación  $P_i$ , de las tablas 4.2 y 4.3 se considera lo siguiente:

Caso no. 6:

$$X_i = 0.11$$
$$P_i = 0.10$$

Caso no 7:

$$X_i = 0.11$$
$$P_i = 0.30$$

Caso no. 8:

$$X_i = 0.12$$
$$P_i = 0.25$$

De los datos anteriores y aplicando la ecuación 4.1 se tiene que:

Caso no. 6:

$$NFF_6 = 92.7664 \text{ gpm.}$$

Caso no. 7:

$$NFF_7 = 172.35 \text{ gpm.}$$

Caso no. 8:

$$NFF_8 = 214.063 \text{ gpm.}$$

Es importante mencionar que en el diseño se tomara cuenta un 50 % de sobrediseño ya que es el flujo que deberán proporcionar las bombas y el tanque de almacenamiento de agua, por lo que se obtendrá lo siguiente:

Caso no. 6:

$$NFF_6 = 139.149 \text{ gpm.}$$

Caso no. 7:

$$NFF_7 = 258.525 \text{ gpm.}$$

Caso no. 8:

$$NFF_8 = 321.0945 \text{ gpm.}$$

De los resultados anteriores observamos que los requerimientos de flujo de agua en cada caso considerando la tabla no. 5.11 con hidrantes de 2 1/2 in. obtenemos lo siguiente:

Caso no. 6: 1 hidrante.

Caso no. 7: 2 hidrantes.

Caso no. 8: 2 hidrantes.

La cantidad de hidrantes que se obtuvieron en los tres casos anteriores son los requerimientos mínimos, ya que no hay que olvidar, que en el capítulo 5 vimos que la NFPA dice que en cada entrada de edificio deberá existir por lo menos 1 hidrante, independiente de los que se obtuvieron en los cálculos anteriores.

Para el caso no. 1 el personal de Salamanca nos dio como valor que se requería como mínimo un flujo de 2400 gpm, no hay que olvidar que sólo se hará referencia a esto y se considerará para nuestro resultado final.

Para los casos no. 2, 3, 4 y 5 que se refiere a las líneas de proceso y equipos de proceso se aplicará por área de tubería como se indica en el capítulo 5, de los cuales los valores se podrá ver en la tabla 9.1.

Para en el caso no. 9 que es donde se encuentran los tanques de almacenamiento 908 A/B/C/D, se hará el cálculo considerando los cuatro tanques sin olvidar que son de la misma capacidad, forma y tamaño y que la temperatura crítica será la de ebullición del aceite de conversión que es de 470 °F, y se tendrá que enfriar a la temperatura ambiente, ya que la temperatura de flama ( flash point) del aceite de conversión se encuentra por encima de ésta temperatura, con lo cual se tiene lo siguiente:

Tanques 908 A/B/C/D.

Forma: Esférica.  
Radio: 21.2156 ft.  
Diámetro: 42.4313 ft.  
Volumen: 40000 ft<sup>3</sup> por tanque.  
Fluido almacenado: Aceite de conversión.

Con el volumen y la densidad del fluido se tiene que la capacidad másica que contiene el tanque en su caso más crítico, que es cuando esta lleno, es la siguiente:

$$V = 40000 * 4 = 160000 \text{ ft}^3.$$
$$W = 14952000 \text{ lb.}$$

Esta cantidad de masa con el poder calorífico que contiene proporciona la siguiente cantidad de calor, es importante mencionar que es

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

---

considerando que hay un incendio y se consume todo el combustible, que ha nuestro juicio es el caso más crítico:

$$Q = 2530299418 \text{ BTU}$$

Si un monitor proporciona 1000 gpm lo cual equivale a que ésta cantidad de agua absorbe 590426615 BTU/hr y considerando para ésta cantidad de agua (ver tabla 4.7) un total de 2 hr se tiene lo siguiente:

Con dos monitores funcionando durante una horas se absorbe:

$$Q = 1180853230 \text{ BTU/hr}$$

Con lo cual no se alcanzan a cubrir la necesidades en el caso crítico considerando que debemos diseñar con el 50% de sobrediseño, por lo tanto es necesario colocar otro monitor, con lo se obtendría lo siguiente:

$$Q = 3542559692 \text{ BTU. por 2 horas.}$$

Con el sobrediseño de el 50% la cantidad de calor que se necesitaría cubrir sería la siguiente:

$$Q = 3795449127 \text{ BTU.}$$

Quedando por cubrir un total de 252889435 BTU lo cual nos lo puede proporcionar un hidrante durante 2 horas:

Un hidrante de 2 1/2 in. proporciona 250 gpm. lo que equivale a:

$$Q = 295213302.6 \text{ BTU.}$$

Obteniendo un calor total de:

$$Q = 3837772995 \text{ BTU.}$$

Con un total de tres monitores y un hidrante.

Usted se podrá preguntar, ¿ Si era poco el calor que faltaba por cubrir, porque no poner un tiempo de residencia de tres horas? y así queda resuelto el problema sin poner otro hidrante.

**DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.**

---

Esto es fácil aclarar, no hay que olvidar que el agua en este caso no es un agente extintor, por lo que es muy importante controlar el incendio lo más pronto posible, esta es una de las causas más importantes, la otra la podremos ejemplificar en los siguientes casos:

Un tanque de almacenamiento de agua debe proporcionar el flujo requerido durante 8 horas con respecto al tiempo de residencia.

a.-) Tres monitores con un tiempo de residencia de 2 hrs equivale a:

$$V = 384998.4 \text{ ft}^3.$$

b.-) Tres monitores con un tiempo de residencia de 3 hrs. equivale a:

$$V = 577497.6 \text{ ft}^3.$$

c.-) Tres monitores con un tiempo de residencia de 2 hrs más 1 hidrante equivale a:

$$V = 417081.6 \text{ ft}^3.$$

d.-) Tres monitores con un tiempo de residencia de 3 hrs más 1 hidrante equivale a:

$$V = 609580.8 \text{ ft}^3.$$

De los cuatro casos anteriores y con la ayuda de la tabla no. 5.16 obtenemos lo siguiente:

Caso.	Capacidad del Tanque.	Observaciones.
a	400,000	No se cubre la capacidad requerida.
b	750,000	Es un tanque más grande, cubriendo la capacidad requerida pero más costoso.
c	500,000	Tanque óptimo en cubrir la capacidad y en el costo.
d	750,000	Es un tanque más grande, cubriendo la capacidad requerida pero más costoso.

Con la información de la tabla anterior se aclara porque la combinación de tres monitores y un hidrante. Para finalizar se calculará el requerimiento de agua para el caso no. 10, del cual se obtiene lo siguiente:

Tanque 908 E.

Forma: Esférica.  
 Radio: 28.7941 ft.  
 Diámetro: 57.588 ft.  
 Volumen: 100000 ft<sup>3</sup>.  
 Fluido almacenado: Aceite de conversión.

Con el volumen y la densidad del fluido se tiene que la capacidad másica que contiene el tanque en su caso más crítico, que es cuando esta lleno, es la siguiente:

$$V = 100000 \text{ ft}^3.$$

$$W = 9345000 \text{ lb.}$$

Esta cantidad de masa con el poder calorífico que contiene, proporciona la siguiente cantidad de calor, es importante mencionar que es considerando que hay un incendio y se consume todo el combustible, que ha nuestro juicio es el caso más crítico:

$$Q = 1581635456 \text{ BTU}$$

Con el sobrediseño del 50% se tiene lo siguiente:

$$Q = 2372453184 \text{ BTU.}$$

Como ya se vio anteriormente un monitor proporciona un total de 1000 gpm lo cual equivale a:

$$Q = 590426615.2 \text{ BTU/hr.}$$

Dos monitores con un tiempo de residencia de dos horas proporcionan un total de:

$Q = 2361706460 \text{ BTU}$  de calor absorbido por el agua durante dos horas.

Con dos monitores no se alcanza a cubrir la cantidad de calor que se desprende del aceite de conversión, con lo cual se añadirá un hidrante quedando lo siguiente:

Un hidrante de 2 1/2 in. proporciona 250 gpm lo cual equivale a:

$$Q = 295213302.6 \text{ BTU con un tiempo de residencia de 2 horas.}$$

Con los dos monitores y un hidrante se tiene que:

$$Q = 2656919763 \text{ BTU de calor absorbido por el agua.}$$

De la información obtenida de cada caso, se podrá determinar que caso requiere de un flujo mayor y éste será el caso más crítico que se maneja en la red de agua contra incendio, considerando para las pérdidas por fricción la tabla no. II del apéndice A, las pérdidas por fricción en hidrantes o manitores se considerará lo que se indica en el inciso no. 5.8 y 5.9 la velocidad en las tuberías se obtendrá de las tablas II, III, y IV del

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

apéndice A y la longitud equivalente en válvulas y accesorios ver la tabla no.VI y VII. No hay que olvidar que las pérdidas por fricción hay que considerar las mangueras y reducciones.

Las pérdidas por fricción en la red así como las presión en la tubería se calculará de acuerdo al capítulo no.6, aclarando que se tomará el dato del caso más crítico y se utilizará en toda la red, pero esta deberá quedar en equilibrio en cada punto, con lo cual se recomienda aplicar un método numérico para obtener estos valores no se determinó en éste trabajo ya que sería muy extenso y sería como hacer otra tesis, todo lo anterior se ejemplificará en la siguiente tabla para obtener el caso más crítico:

Caso no.	No. de Corriente.													Flujo min. de bombeo.
	(Todos los flujos son en gpm).													
	6	1	3	9	8	7	11	10	5	4	2	12	13	
1	2,000	2,400	2,400								2,000	2,000	1,700	2,400
2	500	500	500											500
3	500	500	500	500	500									500
4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000									1,000
5	500	500	500	500	500									500
6	1,000	1,000	1,000	500	500	500								1,000
7	500	500	500	500	500	500	500	500						500
8	500	500	500	500	500	500	500	500						500
9	-	2,275	2,286						1,930	1,100				2,286
10									2,000	2,000	2,000			2,000
Gasto max en línea.	2,000	2,400	2,400	1,000	1,000	500	500	500	2,000	2,000	2,000	2,000	1,700	2,400
Diámetro de la Tub. (in).	6	10	10	6	6	6	6	6	10	10	10	10	6	10
Vel. max. (ft/seg).	11.35	9.29	9.34	11.35	11.35	5.67	5.67	5.67	8.17	8.17	8.17	8.17	19.29	9.8
DP/100 (psi/100ft) de tubería.	3.2	1.74	1.76	3.2	3.2	0.85	0.85	0.85	0.96	0.96	0.96	0.96	3.69	1.78

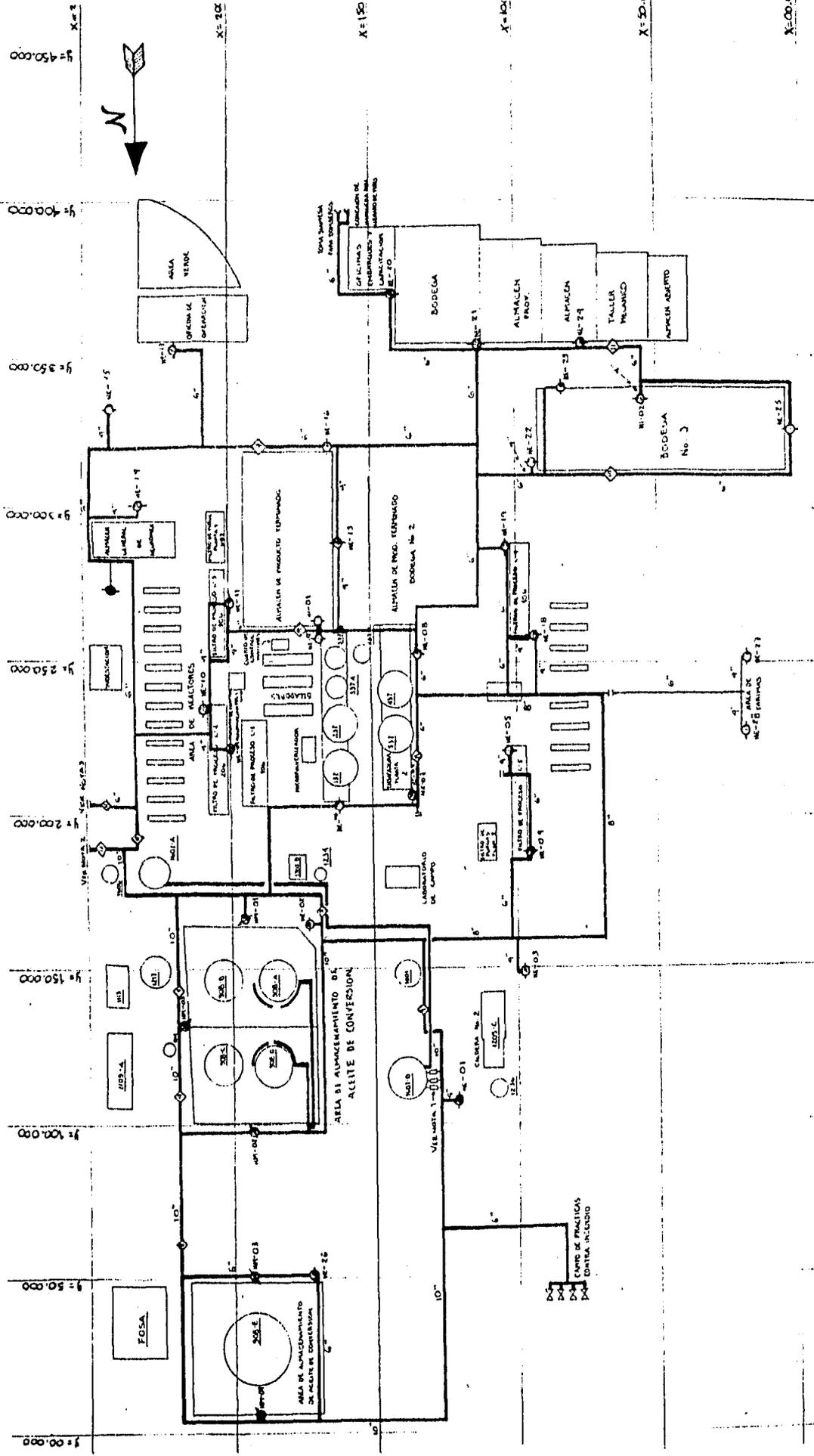
En los tanques 908-D y 908-A se recomienda colocar un sistema de aspersores para la parte interior de los tanques, ya que en esta zona el agua que proporciona los monitores no alcanza a cubrir ésta parte de los tanques, debido a la forma esférica de éstos, los aspersores deberán tener las siguientes características:

De acuerdo a la tabla 7.3 deberán proporcionar una densidad mínima de 10 lpm/m<sup>2</sup>, con estos valores podremos observar que en la tabla de anterior para el caso no. 9 en las corrientes 1, 3 y 5 nos da un gasto diferente al proporcionado por hidrantes y monitores.

De la tabla anterior podremos observar que el caso crítico donde se maneja un mayor flujo de agua es el caso no. 9, que es el que predominará para los cálculos de presiones, caídas de presión, cálculo de las bombas y tanques; como ya se mencionó anteriormente para realizar estos cálculos es importante dejar la red de agua contra incendios en equilibrio por lo que hay que aplicar un sistema de ecuaciones y resolverlo por métodos numéricos.

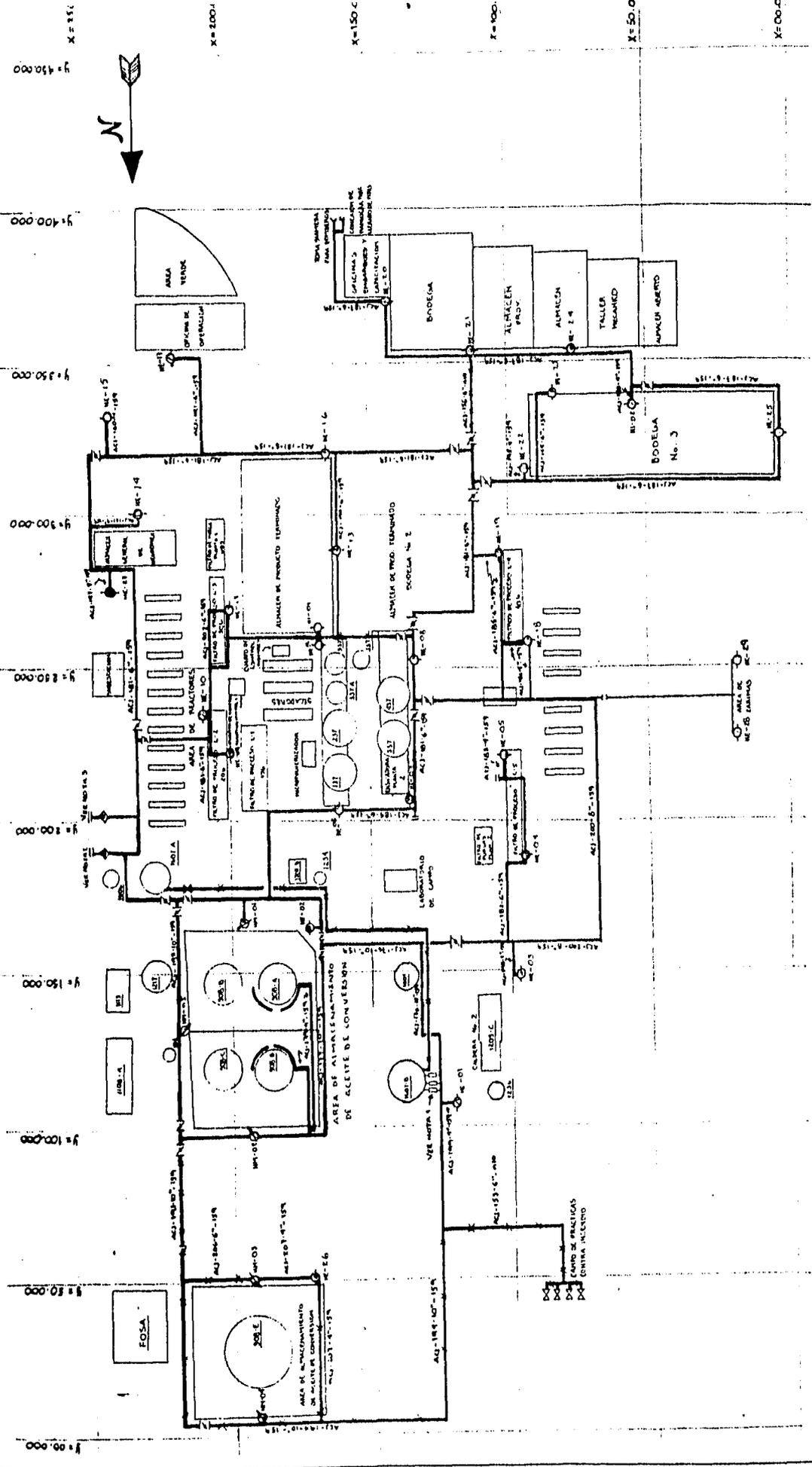
En el plano 1 y 2 podremos observar como está trazada la red de agua contra incendio, dejando claro lo importante que es que se formen anillos, y que a un hidrante o monitor le sea suministrada el agua por lo menos por dos rutas diferentes, por si en algún momento ocurre algún incendio o desastre y una de las tuberías se dañara, el hidrante o monitor tiene otra ruta de suministro de agua, por lo que no quedará sin funcionar.

A continuación presentara a detalle como será el suministro de agua en el caso crítico, esquematizado por la siguiente figura.



FACULTAD DE QUIMICA. U.N.A.M.  
 ESTUDIO DE REDES CONTRA INCENDIO PARA PROCESOS IND.

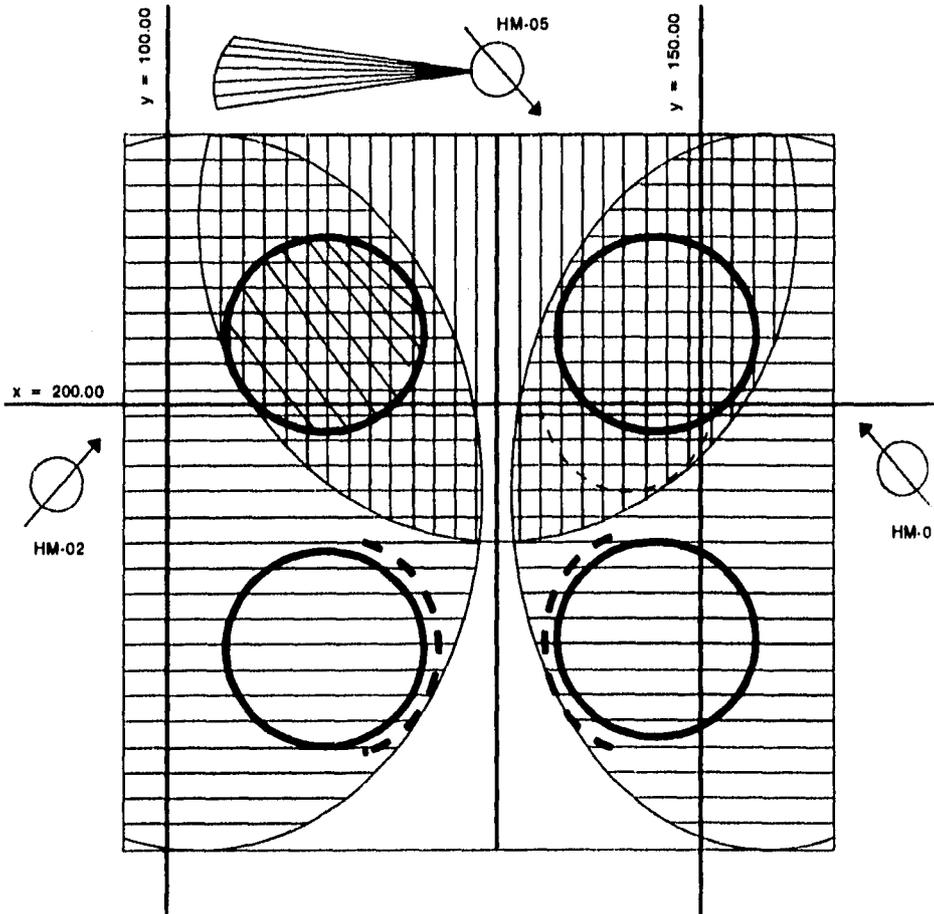
DIAGRAMA DE TIUJO DE PROCESO.  
 PLANO No.1



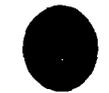
FACULTAD DE QUIMICA. U.N.A.M.  
 ESTUDIO DE REDES CONTRA INCENDIO PARA PROCESOS IND.

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION.  
 PLANO No. 2.

9.4.2 Detalle del Caso Crítico.



### 9.4.3 Simbología.

	Cortina de agua formada con mangueras del monitor.
	Recipientes protegidos con rociadores (medio anillo y rociadores abiertos.).
	Recipiente en llamas.
	Monitor.
	Radio de cobertura de monitores.
	Línea subterránea.
	Línea aérea.
	Válvula de compuerta.
HE.	Hidrante exterior.
HI	Hidrante interior.
M	Monitor.

#### NOTAS.

- 1.-) Línea de descarga de las bombas del sistema de protección contra incendios.
- 2.-) Línea de conexión a la planta de hule sintético.
- 3.-) Línea de conexión a la planta de hule sintético.
- 4.-) La ubicación de puertas es aproximada, la localización de los recomendada es entre las puertas almacén.

### 9.5 Conclusiones.

- Se recopiló la información necesaria para conscientizar a la población, principalmente a la industrial, de la importancia que tiene el tener un sistema de red de agua contra incendio en la industria, cualquiera que sea su giro, así como el saberlo utilizar y los beneficios humanos y económicos que estos significan.
- Se logró clasificar por áreas los riesgos y peligros que hay en la industria, así como las causas principales por las que puede ocurrir algún incendio o desastre y sus principales fuentes de ignición.
- Se establecieron los distintos métodos de extinción que existen.
- Se dieron a conocer las principales fuentes de suministro de agua que pueden existir en cualquier lugar, para que todas las industrias tengan como mínimo una de ellas.
- Se dieron a conocer las principales características hidráulicas de equipos en una red de agua contra incendio, así como su normatividad en cada una de ellas.
- Se presentó un algoritmo o secuencia a seguir para el diseño hidráulico de una red de agua contra incendio.
- Se establecieron los criterios generales para el diseño, operación, construcción y mantenimiento de una red de agua contra incendio.
- Se propusieron los diferentes casos críticos, así como la demanda máxima de agua necesaria para cubrir los desastres propuestos, para un proceso, es importante mencionar que la metodología utilizada en esta tesis se puede aplicar para el diseño de una red de agua contra incendios para cualquier proceso.
- Por último el alcance de la tesis que puede llegar a tener es muy importante, ya que la puede utilizar un maestro para sus clases, los alumnos como consulta, así como cualquier Ingeniero o persona encargada en la seguridad en una planta para aplicar los conocimientos y criterios adquiridos en este trabajo.

### 9.6 Recomendaciones.

- Se recomienda que se hagan inspecciones continuas a las industrias, para asegurarse que cada una contenga un sistema contra incendios apropiado, dando una mayor seguridad a la gente que labora en ese lugar, evitando con esto desastres mayores que puedan ocurrir, pérdidas de vidas humanas y económicos.
- En las inspecciones que se realicen asegurarse de que el método que tiene cada industria, es el apropiado.
- En las industrias donde exista una red de agua contra incendios, deberán tener una área de almacenamiento de agua, exclusivo para la red de agua contra incendio e independiente de los requerimientos de agua de servicio de la planta.
- Proponer en el plan de estudio de la Universidad Nacional Autónoma de México, en sus carreras afines con la materia, como punto obligatorio en las materias de Seguridad Industrial, Flujo de Fluidos y Transferencia de Calor, el análisis y diseño de las redes de agua contra incendio, haciendo consciencia a los alumnos de la importancia de conocer y manejar los equipos contra incendio y extinción.
- Por último, en las redes de agua contra incendio donde se operen manualmente las válvulas de compuerta, se propone que se utilicen válvulas de mariposa, debido a que presentan mayores ventajas de operación, mantenimiento y económicos, como se vio en el punto 5.5.1 y en el 5.5.3.

***"DEFINICION DE TERMINOS".***

### Definición de Términos.

**Hidrantes.-** Son las tomas para conectar mangueras para agua contra-incendio, éstas tomas estan colocadas en la parte extrema de un tubo el cual puede estar empotrado en un muro, y el otro extremo del tubo está conectado a la red de tuberías, como se muestra en la figura "A".

**Monitor.-** Se da el nombre de monitor o torrecilla a un tubo con una boquilla 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, como se muestra en la figura "A".

**Válvula de seccionamiento.-** Es aquella válvula que sirve para aislar una determinada parte de la red contra-incendio, o una determinada fuente de abastecimiento (cuando existen varias), como se muestra en la figura "C".

**Tanque elevado.-** Es aquel tanque o recipiente que sirve para almacenar el agua que se empleará en el sistema contra-incendio y es colocado sobre una estructura de acero o concreto a una altura determinada sobre el piso, como se muestra en la figura "B".

**Cistema.-** Es aquel tanque o recipiente que sirve para almacenar el agua que se empleará en el sistema contra-incendio. En éste caso el recipiente está colocado sobre o bajo el nivel del piso, como se muestra en la figura "B".

**Red de distribución de agua o red de tuberías.-** Es el conjunto de líneas de tubería que sirven exclusivamente para conducir el agua contra-incendio a los puntos necesarios y a los cuales se conectan los hidrantes, monitores o torrecillas y otros dispositivos, como se muestra en la figura "C".

**Trinchera.-** Es una excavación efectuada en piso de tierra o concreto, que se ha reforzado su sección por medio de paredes delgadas de ladrillo o concreto y la cual puede quedar al descubierto, como se muestra en la figura "D".

**Cepa.-** Es una excavación que servirá para enterrar una línea de tubería, es decir, que despues de abierta o excavada se volverá a rellenar, ya sea con el mismo material que se sacó o con otro expresamente traído para ese fin, como se muestra en la figura "D".

**Zona.-** Es el conjunto de áreas, o parte de una planta industrial que quedará protegida por una red de tuberías, como se muestra en la figura "C".

**Area.-** Es la parte de una zona que será protegida por una parte de un ramal de la red de tuberías, como se muestra en la figura "C".

**Temperatura de evaporación.-** Es la temperatura mínima en la que un líquido explosivo genera suficiente vapor para formar una mezcla inflamable con el aire que entra en contacto.

**Temperatura de ignición.-** Es la más baja temperatura que aplicada a una mezcla explosiva, puede producir el encendido de dicha mezcla, ocasionando una explosión o fuego continuo.

**Mezcla explosiva o inflamable.-** Es la mezcla de aire y vapores o gases explosivos, o de aire y polvos combustibles en tales proporciones que, en contacto con una fuente calorífica, ocasiona una explosión o fuego.

**Densidad de vapores o gases.-** Es el peso de un volumen vapor o gas puro, comparado con el peso de igual volumen de aire seco, a la misma presión y temperatura.

**Fuente de peligro.-** Es la parte o partes de un equipo y sus instalaciones, por donde escapan sustancias explosivas o inflamables al medio ambiente durante su operación o mantenimiento.

**Areas peligrosas.-** Se consideran áreas peligrosas, donde el peligro de fuego o explosión pueda existir debido a la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables o fibras o pelusas volátiles fácilmente inflamables.

**Equipo intrínsecamente seguro.-** Es el que en condiciones normales o anormales de operación, no libera energía calorífica suficiente para inflamar cualquier mezcla adyacente, para el que ha sido aprobado.

**Equipo a prueba de explosión.-** Es el equipo eléctrico que se instala dentro de una caja metálica, la cual es capaz de soportar la explosión que pueda ocurrir dentro de ella, de un gas o vapor específico y evitar que la atmósfera inflamable que la rodea se incendie debido a chispas, arcos o explosión

#### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

interior de dicho gas o vapor; su temperatura externa de operable que la rodea.

**Equipo de seguridad aumentada.-** Es un equipo de uso general, al que se incorporan protecciones para asegurar que no producirá calentamientos excesivos, arcos, ni chispas.

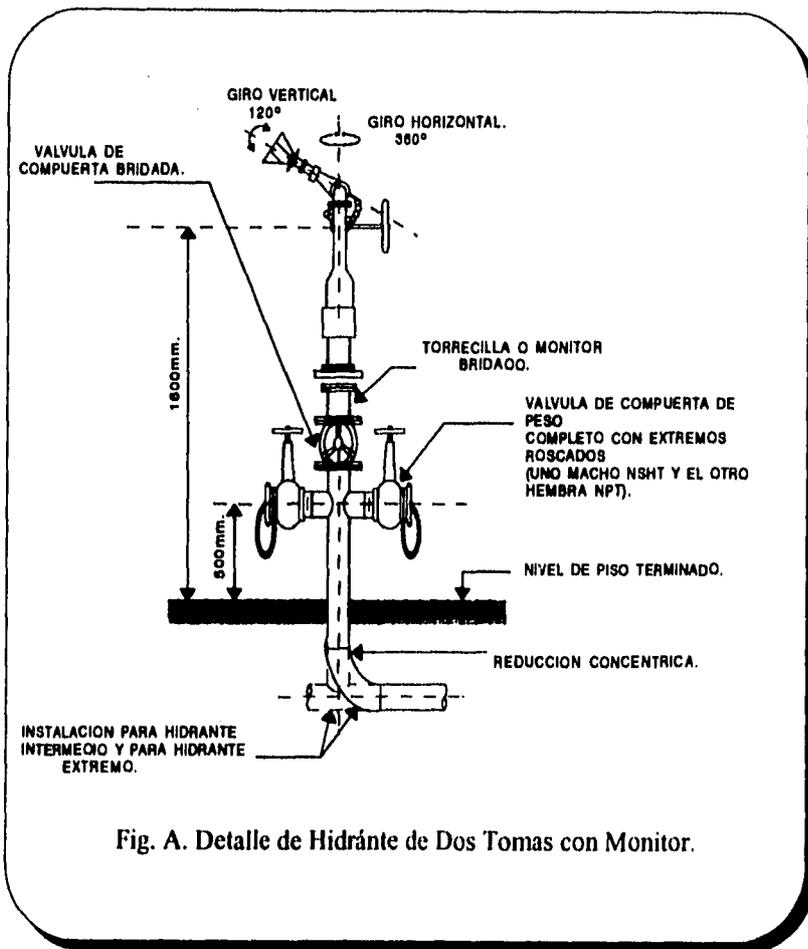
**Equipo sumergido en aceite.-** Es el que mantiene sus partes energizadas que puedan producir chispas o arcos en operación normal o anormal, sumergidas en aceite, para evitar que inflamen cualquier mezcla adyacente.

**Equipo con presión positiva.-** Es el que en su interior contiene aire limpio o gas inerte a mayor presión que la ambiental y no permite la entrada de mezclas explosivas o inflamables.

**Equipo encapsulado en arena.-** Es el que mantiene sus partes energizadas, que pueden producir arcos o chispas en operación normal o anormal, sumergidas en arena para evitar que inflamen cualquier mezcla adyacente.

**Equipo encapsulado.-** Es el que mantiene sus partes energizadas, que pueden producir arcos o chispas en operación normal o anormal para evitar que inflamen cualquier mezcla adyacente.

## *APENDICE A.*



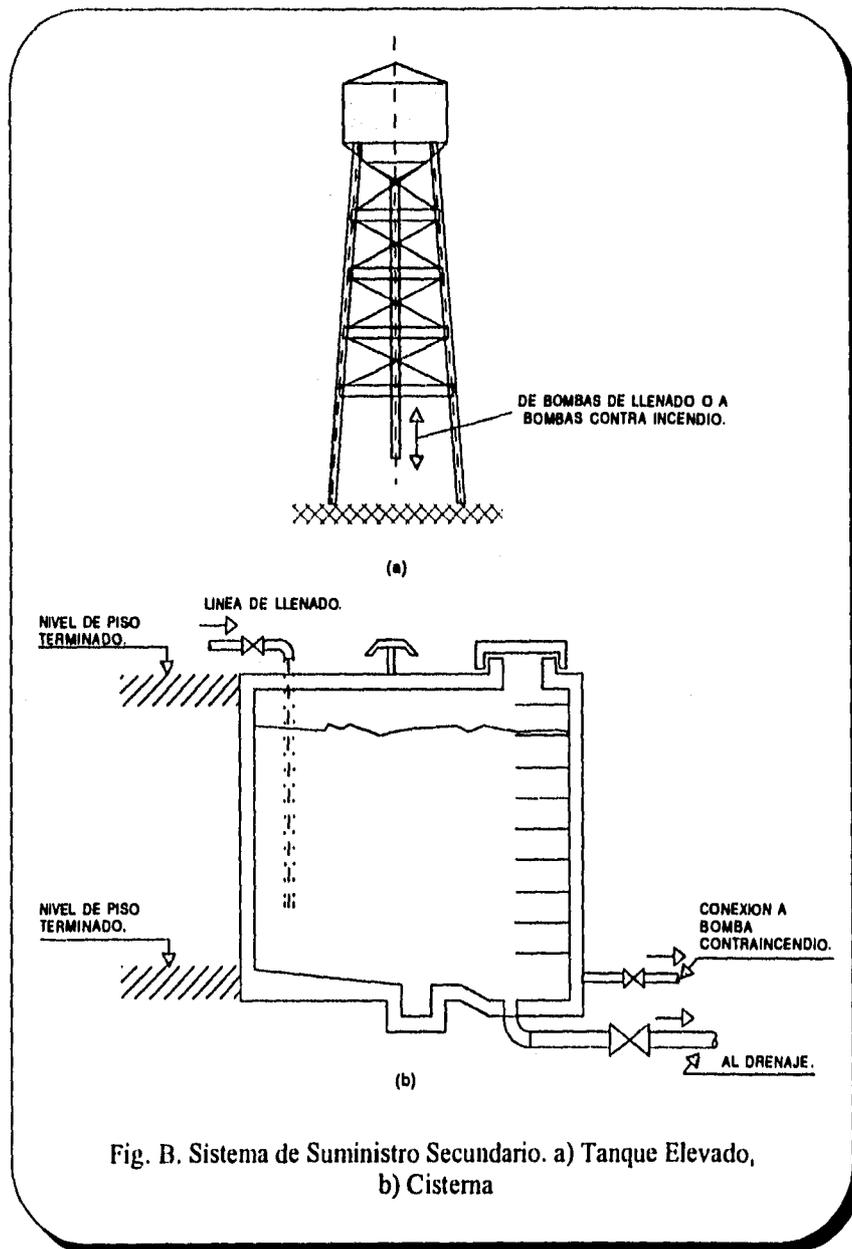


Fig. B. Sistema de Suministro Secundario. a) Tanque Elevado, b) Cisterna

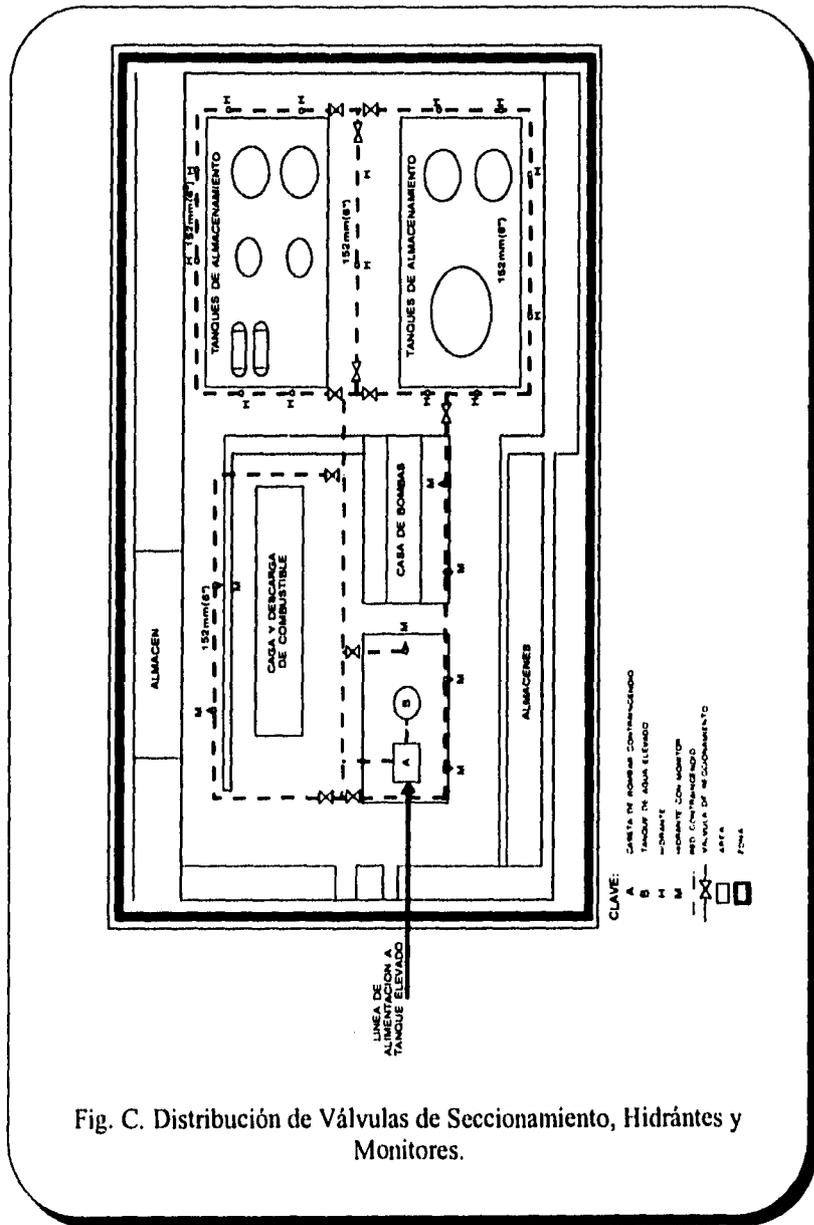


Fig. C. Distribución de Válvulas de Seccionamiento, Hidrantes y Monitores.

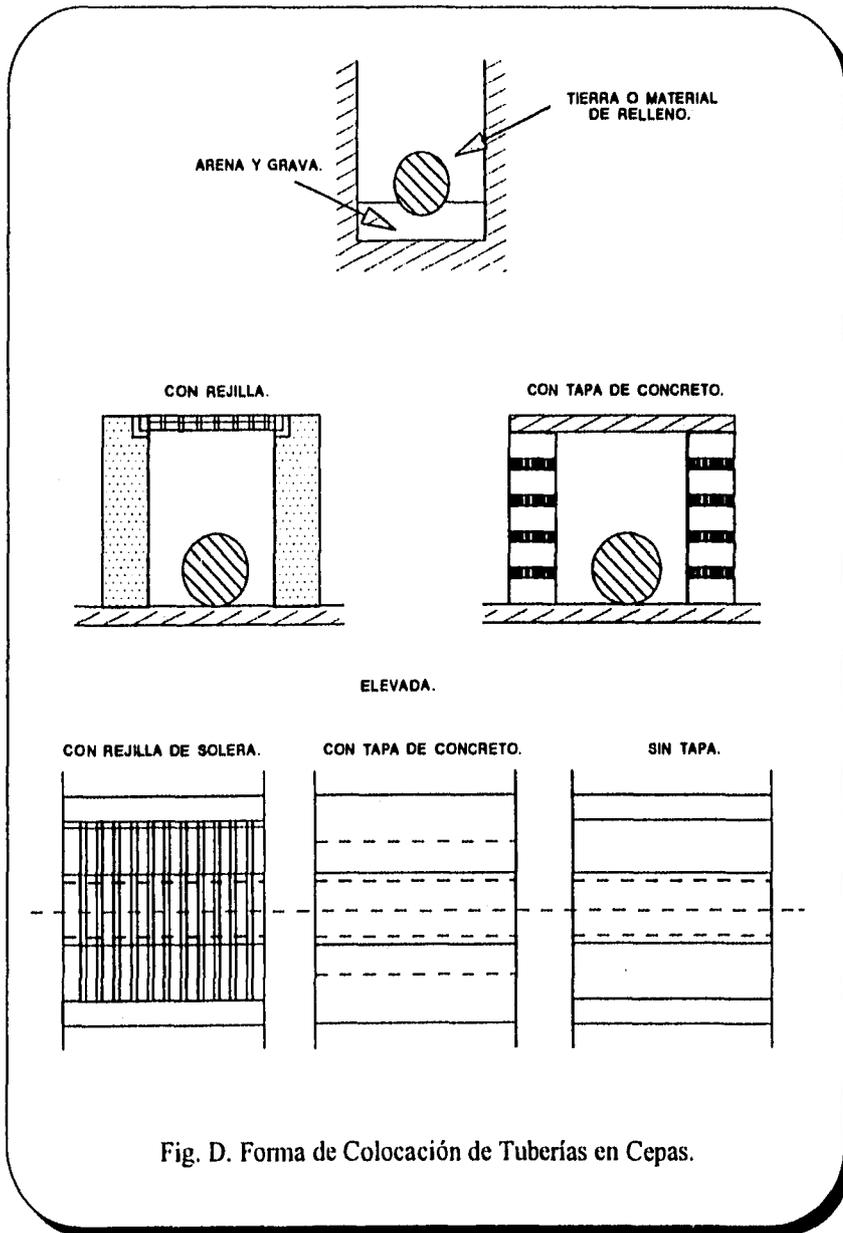
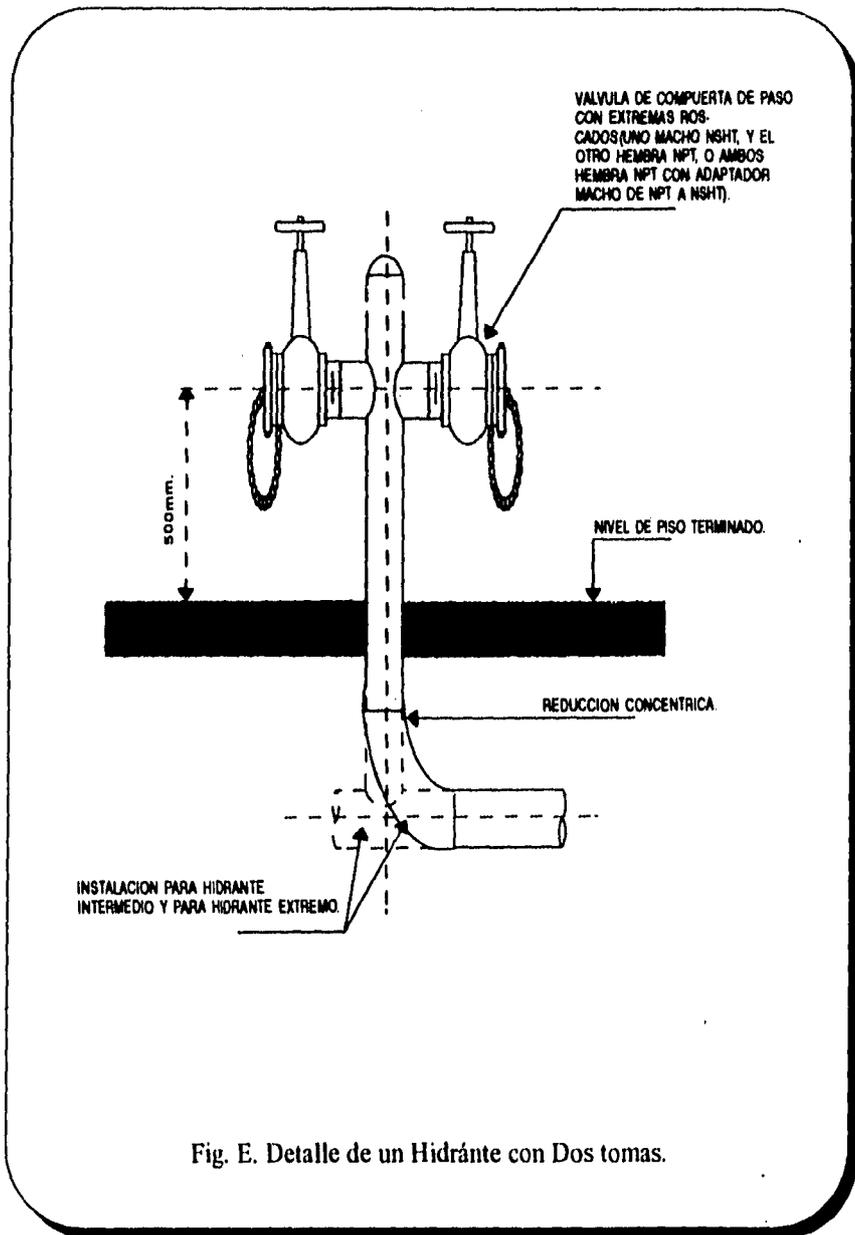


Fig. D. Forma de Colocación de Tuberías en Cepas.



## *APENDICE B.*

Tabla no. 1 Propiedades Físicas del Agua.				
Temperatura del agua	Presión de saturación	Volumen específico	Densidad	Peso
$T$	$P$	$\bar{v}$	$\rho$	
grados Fahrenheit	lb/pulg <sup>2</sup> abs.	pie <sup>3</sup> /lb	lb/pie <sup>3</sup>	libras/galón
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	8.3290
80	0.50683	0.016072	62.220	8.3176
90	0.69813	0.016099	62.116	8.3037
100	0.94924	0.016130	61.996	8.2877
110	1.2750	0.016165	61.862	8.2698
120	1.6927	0.016204	61.7132	8.2498
130	2.2230	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	60.994	8.1527
170	5.9926	0.016451	60.787	8.1260
180	7.5110	0.016510	60.569	8.0969
190	9.340	0.016572	60.343	8.0667
200	11.526	0.016637	60.107	8.0351
210	14.123	0.016705	59.862	8.0024
212	14.696	0.016719	59.812	7.9957
220	17.186	0.016775	59.613	7.9690
240	24.968	0.016926	59.081	7.8979
260	35.427	0.017089	58.517	7.8226
280	49.200	0.017264	57.924	7.7433
300	67.005	0.01745	57.307	7.6608
350	134.604	0.01799	55.586	7.4308
400	247.259	0.01864	53.648	7.1717
450	422.55	0.01943	51.467	6.8801
500	680.86	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	2208.4	0.02674	37.397	4.9993
700	3094.3	0.03662	27.307	3.6505



Tabla no. II (Cont.) Flujo de Agua en Tuberías de Acero de Cédula 40.

Medida nominal de la tubería (pulgadas)	Diámetro exterior (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Especificaciones de acero		Espesor de pared (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Área neta (pulgadas cuadradas)	Área interna (pulgadas cuadradas)		Momento de inercia (pulgadas <sup>4</sup> )	Peso de la tubería (libras por pie de tubería)	Peso de agua (libras por pie de tubería)	Superficie externa (pies cuadrados por pie de tubería)	Medida de tubería (2 / DI)
			Medida Taberna de acero	Numero de rebabas en acero inoxidable				Área (pulgadas cuadradas)	A (pies cuadrados)					
1/8	0.405	STD	40	10S	.049	.307	0548	.0740	00051	.00088	.19	.032	.106	.0017
		XS	80	40S	.068	.269	0720	.0578	00040	.00106	.24	.025	.106	.00523
			80	80S	.095	.215	0925	.0364	.00025	.00122	.31	.016	.106	.00602
			40	10S	.065	.410	0970	.1320	00091	.00279	.43	.057	.141	.01032
			40	40S	.088	.364	1250	.1041	00072	.00331	.42	.045	.141	.01227
			80	80S	.119	.302	1571	.0716	.00050	.00377	.51	.031	.141	.01195
3/8	0.675	STD	40	10S	.065	.515	1246	.2333	.00162	.00586	.42	.101	.178	.01736
		XS	80	40S	.091	.493	1670	.1910	.00133	.00729	.57	.083	.178	.02160
			80	80S	.126	.423	2173	.1405	.00098	.00862	.74	.061	.178	.02554
			55	.065	.710	1583	.3959	.00275	.01197	.54	.172	.220	.02849	
			10S	.083	.671	1974	.3568	.00248	.01431	.67	.155	.220	.03407	
			40	40S	.109	.622	2503	.3040	.00211	.01709	.85	.132	.220	.04069
1/2	0.840	STD	40	10S	.147	.546	3200	.2340	.00161	.02008	1.09	.102	.220	.04780
		XS	80	40S	.187	.466	3836	.1706	.00118	.02212	1.31	.074	.220	.05267
			160	.187	.466	3836	.1706	.00118	.02212	1.31	.074	.220	.05267	
			80	80S	.294	.252	5043	.050	.00035	.02424	1.71	.022	.220	.05772
			55	.065	.920	2011	.6648	.00462	.02450	.69	.288	.275	.04667	
			10S	.083	.884	2521	.6138	.00426	.02969	.86	.266	.275	.05655	
3/4	1.050	STD	40	40S	.113	.821	3326	.5330	.00371	.03704	1.13	.231	.275	.07055
		XS	80	80S	.154	.742	4335	.4330	.00300	.04479	1.17	.188	.275	.08331
			160	.219	.612	5698	.2961	.00206	.05269	1.91	.128	.275	.10036	
			80	80S	.308	.434	7180	.148	.00103	.05792	2.44	.061	.275	.11032
			55	.065	1.185	2533	1.1029	.00766	.04999	.87	.478	.344	.07603	
			10S	.109	1.097	4130	.9452	.00656	.07369	1.40	.409	.344	.11512	
1	1.315	STD	40	40S	.133	1.019	4939	8640	.00600	.08734	1.68	.375	.344	.1328
		XS	80	80S	.179	.957	6388	.7190	.00499	.1056	2.17	.312	.344	.1606
			160	.250	.815	8365	.5217	.00362	.1251	2.84	.230	.344	.1903	
			80	80S	.358	.599	10760	.282	.00196	.1405	3.66	.122	.344	.2136
			55	.065	1.530	3357	1.839	.01277	.1038	1.11	.797	.435	.1250	
			10S	.109	1.412	4717	1.633	.01134	.1695	1.81	.708	.435	.1914	
1 1/4	1.660	STD	40	40S	.140	1.380	6685	1.495	.01040	.1947	2.27	.619	.435	.2196
		XS	80	80S	.191	1.278	8815	1.283	.00891	.2418	3.00	.555	.435	.2913
			160	.250	1.160	11070	1.057	.00734	.2849	3.76	.458	.435	.3421	
			80	80S	.382	.896	14344	.630	.00438	.3411	5.21	.273	.435	.4110
			55	.065	1.870	3747	2.461	.01709	.1579	1.28	1.066	.497	.1662	
			10S	.109	1.682	6133	2.222	.01543	.2468	2.09	.963	.497	.2598	
1 1/2	1.900	STD	40	40S	.145	1.610	7995	2.036	.01414	.3099	2.72	.882	.497	.3262
		XS	80	80S	.200	1.500	10608	1.767	.01225	.3912	3.63	.765	.497	.4118
			160	.281	1.338	1429	1.406	.00976	.4824	4.86	.608	.497	.5078	
			80	80S	.400	1.100	1885	.950	.00660	.5678	6.41	.42	.497	.5977
			55	.065	2.245	4717	3.958	.02749	.3149	1.61	1.72	.622	.2652	
			10S	.109	2.157	7760	3.654	.02538	.4992	2.64	1.58	.622	.4304	
2	2.375	STD	40	40S	.154	2.067	1.075	3.353	.02330	.6657	3.65	1.45	.622	.5606
		XS	80	80S	.218	1.939	1.477	2.953	.02050	.8679	5.02	1.28	.622	.7309
			160	.344	1.687	2.190	2.241	.01556	1.162	7.46	.97	.622	.979	
			80	80S	.436	1.503	2.656	1.574	.01232	1.311	9.03	.77	.622	1.104
			55	.083	2.709	7280	5.764	.04002	.7100	2.48	2.50	.753	.1919	
			10S	.120	2.635	1.039	5.453	.03787	.9873	3.53	2.36	.753	.2698	
2 1/2	2.875	STD	40	40S	.203	2.469	1.704	4.788	.03322	1.530	5.79	2.07	.753	1.064
		XS	80	80S	.276	2.323	2.254	4.238	.02942	1.934	7.66	1.87	.753	1.149
			160	.375	2.125	2.945	3.549	.02463	2.353	10.01	1.54	.753	1.618	
			80	80S	.552	1.771	4.028	2.464	.01710	2.871	13.69	1.07	.753	1.997
			55	.083	3.334	8910	8.730	.06063	1.301	3.03	3.78	.916	.7415	
			10S	.120	3.260	1.274	8.347	.05796	1.822	4.33	3.62	.916	1.041	
3	3.500	STD	40	40S	.216	3.068	2.228	7.393	.05130	3.017	7.58	3.20	.916	1.724
		XS	80	80S	.300	2.900	3.016	6.605	.04587	3.894	10.25	2.86	.916	2.225
			160	.438	2.624	4.205	5.408	.03755	5.032	14.42	2.35	.916	2.879	
			80	80S	.600	2.400	5.466	4.155	.02865	5.993	18.58	1.81	.916	3.424
			55	.109	3.950	10760	10.760	.03600	3.600	4.00	4.00	1.00	1.00	
			10S	.147	3.700	14344	14.344	.04600	4.600	5.00	5.00	1.00	1.00	

**Tabla no. III (Cont.) Datos Técnicos de las Tuberías.  
Aceros al Carbono - Aceros Inoxidables.**

Medida nominal de la tubería (pulgadas)	Diámetro exterior D.E. (pulgadas)	Identificación		Espesor de pared (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Área externa (pulgadas cuadradas)	Área interna (pulgadas cuadradas)		Momento de inercia (pulgadas <sup>4</sup> )	Peso de la tubería (libras por pie)	Peso de agua (libras por pie de tubería)	Superficie externa (pies cuadrados por pie de tubería)	Volumen de metal ( $\frac{1}{16}$ D.E.)		
		Acero	Número de órdala				Número de órdala en acero dulce	A						B	
															Medida Tubería de hierro
3/4	4.000	STD	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4	4.500	STD	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
5	5.563	STD	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
6	6.625	STD	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
8	8.625	STD	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
10	10.750	STD	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
12	12.75	STD	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

**Tabla no. III (Cont.) Datos Técnicos de las Tuberías.  
Aceros al Carbón - Aceros Inoxidables.**

Medida nominal de la tubería (pulgadas)	Diámetro exterior DE (pulgadas)	Identificación			Espesor de pared e (pulgadas)	Diámetro interior d (pulgadas)	Área exterior A <sub>o</sub> (pulgadas cuadradas)	Área interna transversal		Momento de inercia I (pulgadas <sup>4</sup> )	Peso de la tubería (libras por pie de tubería)	Peso de agua (libras por pie de tubería)	Superficie externa (pies cuadrados por pie de tubería)	Velocidad de flujo (ft <sup>3</sup> /DE)			
		Acero		Número de hilos en arco atornillado				a (pulgadas)	A (pulgadas)								
		Número de hilos	Medida de tubo														
14	14.00	...	...	SS	156	13.688	6.78	147.15	1.0219	162.6	23.07	63.77	3.665	23.2			
		...	...	10S	188	13.674	8.16	145.78	1.0124	194.6	27.73	63.17	3.665	27.8			
		...	...	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	20	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	STD	30	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	NS	40	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	60	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	80	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	100	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	120	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	140	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	160	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		16	16.00	...	...	SS	165	15.670	8.21	192.85	1.3393	257.3	27.90	83.57	4.189	32.2	
				...	...	10S	188	15.624	9.34	191.72	1.3314	291.9	31.75	83.08	4.189	36.5	
				...	...	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	20	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	STD	30	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	NS	40	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	...	60	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	...	80	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...			...	100	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
...	...			...	120	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
...	...			...	140	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
...	...			...	160	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
18	18.00			...	...	SS	165	17.670	9.25	245.22	1.7029	367.6	31.43	106.26	4.712	40.8	
				...	...	10S	188	17.624	10.52	243.95	1.6911	417.3	35.76	105.71	4.712	46.4	
				...	...	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	20	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	STD	30	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	NS	40	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	...	60	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	...	80	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		...	...	...	100	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	120	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	140	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	160	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		20	20.00	...	...	SS	188	19.624	11.70	302.46	2.1004	574.2	39.78	131.06	5.236	57.4	
				...	...	10S	218	19.564	13.55	300.61	2.0876	662.8	46.06	130.27	5.236	66.3	
				...	...	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	20	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	STD	30	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	NS	40	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	...	60	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	...	80	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...			...	100	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
...	...			...	120	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
...	...			...	140	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
...	...			...	160	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
22	22.00			...	...	SS	188	21.624	12.88	367.25	2.5503	766.2	43.80	159.14	5.760	69.7	
				...	...	10S	218	21.564	14.92	365.21	2.5362	884.8	50.77	158.26	5.760	80.4	
				...	...	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	20	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	STD	30	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	NS	40	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	...	60	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				...	...	...	80	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		...	...	...	100	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	120	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	140	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	160	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		

Tabla no. III (Cont.) Datos Técnicos de las Tuberías.  
Aceros al Carbón - Aceros Inoxidables.

Medida nominal de la tubería (pulgadas)	Diámetro exterior D.E. (pulgadas)	Identificación		Espesor de pared t (pulgadas)	Número de vueltas por pulgada	Diámetro interior d (pulgadas)	Área metálica		Momento de inercia I (pulgadas <sup>4</sup> )	Peso de la tubería f (libras por pie)	Peso de agua w (libras por pie de tubería)	Superficie externa p (pies cuadrados por pie de tubería)	Módulo de sección $(\frac{I}{D.E.})$	
		Tipo de tubería	Medida nominal de tubería				Área metálica A (pulgadas cuadradas)	Área interna a (pulgadas cuadradas)						
														Área metálica A (pulgadas cuadradas)
24	24.00	...	...	5S	.218	23.564	16.29	436.10	3.0285	1151.6	55.37	188.98	6.283	96.0
		...	10	10S	.250	23.500	18.65	433.74	3.0121	1315.4	63.41	187.95	6.283	109.6
		STD	20	...	.375	21.250	27.83	424.56	2.9483	1942.0	94.62	183.95	6.283	161.9
		AS	...	...	.500	23.000	36.91	415.48	2.8853	2549.5	125.49	179.87	6.283	212.5
		...	30	...	.562	22.876	41.39	411.00	2.8542	2843.0	140.68	178.09	6.283	237.0
		...	40	...	.688	22.624	50.31	402.07	2.7921	3421.3	171.29	174.23	6.283	285.1
		...	60	...	.969	22.062	70.04	382.35	2.6532	4652.8	238.35	165.52	6.283	387.7
		...	80	...	1.219	21.562	87.17	365.22	2.5362	5672.0	296.58	158.26	6.283	472.8
		...	100	...	1.531	20.938	108.07	344.32	2.3911	6849.9	367.39	149.06	6.283	570.8
		...	120	...	1.812	20.376	126.31	326.08	2.2645	8255.0	429.39	141.17	6.283	652.1
...	140	...	2.062	19.876	142.11	310.28	2.1547	9625.0	483.12	134.45	6.283	718.9		
...	160	...	2.344	19.312	159.41	292.98	2.0346	9455.9	542.13	126.84	6.283	787.9		
26	26.00	...	10	...	.312	25.376	25.18	505.75	3.5122	2077.2	85.60	219.16	6.806	159.8
		STD	...	...	.375	25.250	30.19	500.74	3.4774	2478.4	102.63	216.99	6.806	190.6
		AS	20	...	.500	25.000	40.06	490.87	3.4088	3257.0	136.17	212.71	6.806	250.5
28	28.00	...	10	...	.312	27.376	27.14	598.61	4.0876	2601.0	92.26	255.07	7.330	185.8
		...	...	...	.375	27.250	32.54	583.21	4.0501	3105.1	110.64	252.73	7.330	221.8
		STD	20	...	.500	27.000	43.20	572.56	3.9761	4084.8	146.85	248.11	7.330	291.8
		AS	30	...	.625	26.750	53.75	562.00	3.9028	5037.7	182.73	243.53	7.330	359.8
30	30.00	...	...	5S	.250	29.500	23.37	683.49	4.7465	2585.2	79.43	296.18	7.854	172.3
		...	10	10S	.312	29.376	29.10	677.76	4.7067	3208.3	98.93	293.70	7.854	213.8
		STD	...	...	.375	29.250	34.90	671.96	4.6664	3829.4	118.65	291.18	7.854	255.3
		AS	20	...	.500	29.000	46.34	660.32	4.5869	5042.2	157.53	286.22	7.854	336.1
		...	30	...	.625	28.750	57.68	649.18	4.5082	6224.0	196.08	281.31	7.854	414.9
32	32.00	...	10	...	.312	31.376	31.06	773.19	5.3694	3898.9	105.59	335.05	8.378	241.7
		...	...	...	.375	31.250	37.26	766.99	5.3263	4658.5	126.66	332.36	8.378	291.2
		STD	20	...	.500	31.000	49.48	754.77	5.2414	6138.6	168.21	327.06	8.378	383.7
		AS	30	...	.625	30.750	61.60	742.64	5.1572	7583.4	209.43	321.81	8.378	474.0
		...	40	...	.688	30.624	67.68	736.57	5.1151	8298.3	230.08	319.18	8.378	518.6
34	34.00	...	10	...	.344	33.312	36.37	871.55	6.0524	5150.5	123.65	377.67	8.901	303.0
		...	...	...	.375	33.250	39.61	868.31	6.0299	5599.3	134.67	376.27	8.901	329.4
		STD	20	...	.500	33.000	52.62	855.30	5.9396	7383.5	178.89	370.63	8.901	434.3
		AS	30	...	.625	32.750	65.53	842.39	5.8199	9127.6	222.78	365.03	8.901	536.9
		...	40	...	.688	32.624	72.00	835.92	5.8050	9991.6	244.77	362.23	8.901	587.7
36	36.00	...	10	...	.312	35.376	34.98	982.90	6.8257	5569.5	118.92	425.92	9.425	309.4
		...	...	...	.375	35.250	41.97	975.91	6.7771	6658.9	142.68	422.89	9.425	369.9
		STD	20	...	.500	35.000	55.76	962.11	6.6813	8786.2	189.57	416.91	9.425	488.1
		AS	30	...	.625	34.750	69.46	948.42	6.5862	10668.4	236.13	417.22	9.425	603.8
...	40	...	.750	34.500	83.06	934.82	6.4918	12906.1	282.35	405.09	9.425	717.0		

Los datos técnicos de identificación, espesor de pared y peso, están basados en ANSI B.36.10 y B.36.19. Las notaciones STD, XS Y XXS indican estandar, extra fuerte y doble extra fuerte, respectivamente.

Tabla no. IV Tubерías Comerciales de Acero. Con base en ANSI B36.10 y BS 1600  
Espesor de la Tubería según Número de Cédula.

	Cédula 10				Cédula 20				Cédula 30				Cédula 40				Cédula 60				Cédula 80										
	Medida nominal de la tubería pulgadas	Díametro exterior mm	Espesor mm	Díametro interior mm	Medida nominal de la tubería pulgadas	Díametro exterior mm	Espesor mm	Díametro interior mm	Medida nominal de la tubería pulgadas	Díametro exterior mm	Espesor mm	Díametro interior mm	Medida nominal de la tubería pulgadas	Díametro exterior mm	Espesor mm	Díametro interior mm	Medida nominal de la tubería pulgadas	Díametro exterior mm	Espesor mm	Díametro interior mm	Medida nominal de la tubería pulgadas	Díametro exterior mm	Espesor mm	Díametro interior mm	Medida nominal de la tubería pulgadas	Díametro exterior mm	Espesor mm	Díametro interior mm	Medida nominal de la tubería pulgadas	Díametro exterior mm	Espesor mm
Cédula 10	14	355.6	6.35	342.9	Cédula 20	8	219.1	6.35	206.4	Cédula 30	8	219.1	7.04	205.0	Cédula 40	1/2	10.3	1.73	6.8	Cédula 60	8	219.1	8.18	202.7	Cédula 80	1/2	10.3	2.41	5.5		
	16	406.4	6.35	393.7		10	273.0	6.35	260.3		10	273.0	7.80	257.4		3/4	13.7	2.24	9.2		10	273.0	9.27	254.5		1/2	10.3	3.02	7.7		
	18	457.2	6.35	444.5		12	323.9	6.35	311.2		12	323.9	8.38	307.1		1	26.7	2.87	21.0		12	323.9	10.31	303.3		3/4	13.7	3.20	10.7		
	20	508.0	6.35	495.3		14	355.6	7.92	339.8		14	355.6	9.53	336.6		1 1/4	33.4	3.38	26.6		14	355.6	11.13	333.3		1	26.7	3.73	13.8		
	24	609.6	6.35	596.9		16	406.4	7.92	390.6		16	406.4	9.52	387.4		1 1/2	42.2	3.56	35.1		16	406.4	12.70	381.0		1 1/4	33.4	3.91	18.9		
	30	762.0	7.92	746.2		18	457.2	7.92	441.4		18	457.2	11.13	434.9		2	48.3	3.68	40.9		18	457.2	14.27	428.7		1 1/2	42.2	4.53	24.3		
Cédula 20	8	219.1	6.35	206.4	Cédula 40	16	406.4	7.92	390.6	Cédula 60	20	508.0	9.52	489.0	Cédula 80	2	60.3	3.91	52.5	Cédula 100	8	219.1	15.09	193.5	Cédula 120	8	219.1	18.26	182.6		
	10	273.0	6.35	260.3		18	457.2	7.92	441.4		18	457.2	11.13	434.9		2 1/2	73.0	5.16	62.7		10	273.0	17.48	574.6		10	273.0	21.44	251.0		
	12	323.9	6.35	311.2		20	508.0	9.52	489.0		20	508.0	12.70	482.6		16	406.4	5.49	77.9		12	323.9	14.27	309.2		12	323.9	25.40	273.1		
	14	355.6	7.92	339.8		24	609.6	9.52	590.6		24	609.6	14.27	581.1		18	457.2	5.74	90.1		14	355.6	15.88	330.2		14	355.6	27.79	300.0		
	16	406.4	7.92	390.6		8	219.1	12.70	205.0		8	219.1	13.88	201.2		24	609.6	15.88	581.1		16	406.4	17.48	387.4		16	406.4	30.96	344.5		
	18	457.2	7.92	441.4		10	273.0	12.70	257.4		10	273.0	15.88	254.5		16	406.4	17.48	387.4		18	457.2	34.92	387.4		18	457.2	46.02	517.6		
Cédula 30	8	219.1	7.04	205.0	Cédula 60	10	273.0	7.80	257.4	Cédula 80	8	219.1	8.18	202.7	Cédula 100	8	219.1	20.62	177.9	Cédula 120	8	219.1	24.13	153.8							
	10	273.0	7.80	257.4		10	273.0	8.38	260.3		10	273.0	9.27	254.5		10	273.0	25.40	222.2		10	273.0	26.7	210.0							
	12	323.9	6.35	311.2		12	323.9	8.38	307.1		12	323.9	10.31	303.3		12	323.9	28.58	266.7		12	323.9	31.75	292.1							
	14	355.6	9.53	336.6		14	355.6	9.53	336.6		14	355.6	11.13	333.3		14	355.6	31.75	292.1		14	355.6	36.52	333.4							
	16	406.4	9.52	387.4		16	406.4	9.52	387.4		16	406.4	12.70	381.0		16	406.4	36.52	333.4		16	406.4	39.69	377.8							
	18	457.2	7.92	441.4		18	457.2	7.92	441.4		18	457.2	13.88	434.9		18	457.2	39.69	377.8		18	457.2	44.45	419.1							
Cédula 40	8	219.1	7.04	205.0	Cédula 80	10	273.0	7.80	257.4	Cédula 100	10	273.0	8.18	252.8	Cédula 120	10	273.0	24.13	222.2	Cédula 140	8	219.1	28.58	266.7							
	10	273.0	7.80	257.4		12	323.9	6.35	311.2		12	323.9	9.27	254.5		12	323.9	28.58	266.7		10	273.0	31.75	292.1							
	12	323.9	6.35	311.2		14	355.6	7.92	339.8		14	355.6	10.31	303.3		14	355.6	31.75	292.1		12	323.9	34.92	387.4							
	14	355.6	9.53	336.6		16	406.4	7.92	390.6		16	406.4	11.13	333.3		16	406.4	31.75	292.1		14	355.6	38.10	421.8							
	16	406.4	7.92	390.6		18	457.2	7.92	441.4		18	457.2	12.70	434.9		18	457.2	38.10	421.8		16	406.4	46.02	517.6							
	18	457.2	7.92	441.4		20	508.0	9.52	489.0		20	508.0	13.88	434.9		20	508.0	38.10	421.8		18	457.2	46.02	517.6							
Cédula 60	8	219.1	8.18	202.7	Cédula 100	10	273.0	7.80	257.4	Cédula 120	10	273.0	7.80	257.4	Cédula 140	10	273.0	20.62	177.9	Cédula 160	8	219.1	28.58	266.7							
	10	273.0	7.80	257.4		12	323.9	6.35	311.2		12	323.9	8.38	307.1		12	323.9	25.40	222.2		8	219.1	31.75	292.1							
	12	323.9	6.35	311.2		14	355.6	7.92	339.8		14	355.6	10.31	303.3		14	355.6	28.58	266.7		10	273.0	34.92	387.4							
	14	355.6	9.53	336.6		16	406.4	7.92	390.6		16	406.4	11.13	333.3		16	406.4	31.75	292.1		12	323.9	38.10	421.8							
	16	406.4	7.92	390.6		18	457.2	7.92	441.4		18	457.2	12.70	434.9		18	457.2	31.75	292.1		14	355.6	39.69	377.8							
	18	457.2	7.92	441.4		20	508.0	9.52	489.0		20	508.0	13.88	434.9		20	508.0	31.75	292.1		16	406.4	44.45	419.1							
Cédula 80	8	219.1	12.70	205.0	Cédula 120	10	273.0	12.70	257.4	Cédula 140	10	273.0	12.70	257.4	Cédula 160	10	273.0	20.62	177.9	Cédula 180	8	219.1	36.52	333.4							
	10	273.0	12.70	257.4		12	323.9	6.35	311.2		12	323.9	8.38	307.1		12	323.9	25.40	222.2		10	273.0	39.69	377.8							
	12	323.9	6.35	311.2		14	355.6	7.92	339.8		14	355.6	10.31	303.3		14	355.6	28.58	266.7		12	323.9	44.45	419.1							
	14	355.6	9.53	336.6		16	406.4	7.92	390.6		16	406.4	11.13	333.3		16	406.4	31.75	292.1		14	355.6	52.39	504.8							
	16	406.4	7.92	390.6		18	457.2	7.92	441.4		18	457.2	12.70	434.9		18	457.2	31.75	292.1		16	406.4	52.39	504.8							
	18	457.2	7.92	441.4		20	508.0	9.52	489.0		20	508.0	13.88	434.9		20	508.0	31.75	292.1		18	457.2	52.39	504.8							

Tabla no. IV Tuberías Comerciales de Acero. Con base en ANSI B36.10 y BS 1600  
Espesor de la Tubería según Número de Cédula. (Cont.)

Tubería de espesor estándar				Tubería extra reforzada			
Medida nominal de la tubería pulgadas	Diámetro exterior mm	Espesor mm	Diámetro interior mm	Medida nominal de la tubería pulgadas	Diámetro exterior mm	Espesor mm	Diámetro interior mm
1/8	10.3	1.73	6.8	1/8	10.3	2.41	5.5
1/4	13.7	2.24	9.2	1/4	13.7	3.02	7.7
3/8	17.1	2.31	12.5	3/8	17.1	3.20	10.7
1/2	21.3	2.77	15.8	1/2	21.3	3.73	13.8
3/4	26.7	2.87	21.0	3/4	26.7	3.91	18.9
1	33.4	3.38	26.6	1	33.4	4.55	24.3
1 1/8	42.2	3.56	35.1	1 1/8	42.2	4.85	32.5
1 1/2	48.3	3.68	40.9	1 1/2	48.3	5.08	38.1
2	60.3	3.91	52.5	2	60.3	5.54	49.2
2 1/2	73.0	5.16	62.7	2 1/2	73.0	7.01	59.0
3	88.9	5.49	77.9	3	88.9	7.62	73.7
3 1/2	101.6	5.74	90.1	3 1/2	101.6	8.08	85.4
4	114.3	6.02	102.3	4	114.3	8.56	97.2
5	141.3	6.55	128.2	5	141.3	9.52	122.3
6	168.3	7.11	154.1	6	168.3	10.97	146.4
8	219.1 S	8.18	202.7	8	219.1	12.70	193.7
10	273.0 S	9.27	254.5	10	273.0	12.70	247.6
12	323.9 S	9.52	304.9	12	323.9	12.70	298.5

Tubería doble extra reforzada			
Medida nominal de la tubería pulgadas	Diámetro exterior mm	Espesor mm	Diámetro interior mm
1/2	21.3	7.47	6.4
3/4	26.7	7.82	11.1
1	33.4	9.09	15.2
1 1/8	42.2	9.70	22.8
1 1/2	48.3	10.16	28.0
2	60.3	11.07	38.2
2 1/2	73.0	14.02	45.0
3	88.9	15.24	58.4
4	114.3	17.12	80.1
5	141.3	19.05	103.2
6	168.3	21.95	124.4
8	219.1	22.22	174.7
10	273.0	25.40	222.2
12	323.9	25.40	273.1

**Tabla no. V Tuberías de Acero Inoxidable.**  
**Basado en ANSI B36.19 y BS 1600 Parte 2**

Cédula 5 S				Cédula 10 S			
Medida nominal de la tubería	Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior	Medida nominal de la tubería	Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior
Pulgadas	mm	mm	mm	pulgadas	mm	mm	mm
1/8	21.3	1.65	18.0	1/8	10.3	1.24	7.8
1/4	26.7	1.65	23.4	1/4	13.7	1.65	10.4
1/2	33.4	1.65	30.1	3/8	17.1	1.65	13.8
3/4	42.2	1.65	38.9	1/2	21.3	2.11	17.1
1	48.3	1.65	45.0	5/8	26.7	2.11	22.5
1 1/4	60.3	1.65	57.0	1	33.4	2.77	27.9
1 1/2	73.0	2.11	68.8	1 1/4	42.2	2.77	36.7
2	88.9	2.11	84.7	1 1/2	48.3	2.77	42.8
2 1/2	101.6	2.11	97.4	2	60.3	2.77	54.8
3	114.3	2.11	110.1	2 1/2	73.0	3.05	66.9
3 1/2	141.3	2.77	135.8	3	88.9	3.05	82.8
4	168.3	2.77	162.8	3 1/2	101.6	3.05	95.5
5	219.1	2.77	213.6	4	114.3	3.05	108.2
6	273.0	3.40	266.2	5	141.3	3.40	134.5
8	323.9	3.96	316.0	6	168.3	3.40	161.5
10				8	219.1	3.76	211.6
12				10	273.0	4.19	264.6
				12	323.9	4.57	314.8

Cédula 40 S.	
1/8 a 12	Los valores son los mismos, medida por medida, que los que se presentan en la tabla IV, para tuberías de espesor de pared estandar.

Cédula 80 S.	
1/8 a 12	Los valores son los mismos, medida por medida, que los que se presentan en la tabla IV, para tuberías de espesor de pared estandar.

**Tabla no. VI Tabla de Factor K.**  
**Factores de Fricción para Tuberías Comerciales, Nuevas, de Acero,**  
**con Flujo en la Zona de Total Turbulencia.**

Diámetro nominal	mm	15	20	25	32	40	50	65,80	100	125	150	200,25	300-400	450-600
	in.	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2, 3	4	5	6	8, 1	12-14	18-24
Factor de fricción (f <sub>s</sub> )		0.027	0.023	0.023	0.022	0.021	0.019	0.016	0.017	0.014	0.013	0.014	0.013	0.012

**Fórmulas para el Cálculo del Factor K para Válvulas y Accesorios con Secciones de Paso Reducido.**

Fórmula 1

$$K_2 = \frac{0.8 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)}{\beta^5} = \frac{K_1}{\beta^5}$$

Fórmula 2

$$K_1 = \frac{0.5 (1 - \beta^2) \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}}}{\beta^5} = \frac{K_1}{\beta^5}$$

Fórmula 3

$$K_2 = \frac{2.6 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)^2}{\beta^5} = \frac{K_1}{\beta^5}$$

Fórmula 4

$$K_1 = \frac{(1 - \beta^2)^3}{\beta^5} = \frac{K_1}{\beta^5}$$

Fórmula 5

$$K_1 = \frac{K_1}{\beta^5} + \text{Fórmula 1} + \text{Fórmula 3}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + \sin \frac{\theta}{2} [0.8 (1 - \beta^2) + 2.6 (1 - \beta^2)^2]}{\beta^5}$$

Fórmula 6

$$K_1 = \frac{K_1}{\beta^5} + \text{Fórmula 2} + \text{Fórmula 4}$$

$$K_1 = \frac{K_1 + 0.5 \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}} (1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^3}{\beta^5}$$

Fórmula 7

$$K_1 = \frac{K_1}{\beta^5} + \beta (\text{Fórmula 2} + \text{Fórmula 4}), \text{ cuando } \theta = 180^\circ$$

$$K_1 = \frac{K_1 + \beta [0.5 (1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^3]}{\beta^5}$$

$$\beta = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\beta^2 = \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 = \frac{d_1}{d_2}$$

El subíndice 1 define dimensiones y coeficientes para el diámetro menor.  
 El subíndice 2 se refiere al diámetro mayor.

\*Úse el valor de K proporcionado por el proveedor, cuando se disponga de dicho valor

**ESTRECHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL**



Si:  $\theta \leq 45^\circ$  .....  $K_1 = \text{Fórmula 1}$

$45^\circ < \theta \leq 180^\circ$  ....  $K_1 = \text{Fórmula 2}$

**ENSANCHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL**



Si:  $\theta \leq 45^\circ$  .....  $K_2 = \text{Fórmula 3}$

$45^\circ < \theta \leq 180^\circ$  ....  $K_2 = \text{Fórmula 4}$

Tabla no. VII Tabla del Factor K

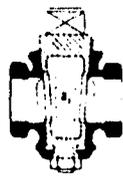
VÁLVULAS DE RETENCIÓN Y CIERRE (Tipos recto y angular)		VÁLVULAS DE PIE CON FILTRO	
		Obturador ascendente	Obturador oscilante
Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 400 f_T$ $\beta < 1 \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador $m/\text{seg} = 70 \beta^2 \sqrt{V}$ $\text{pie}/\text{seg} = 55 \beta^2 \sqrt{V}$	Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 200 f_T$ $\beta < 1 \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador $m/\text{seg} = 95 \beta^2 \sqrt{V}$ $\text{pie}/\text{seg} = 75 \beta^2 \sqrt{V}$	$K = 420 f_T$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador $m/\text{seg} = 20 \sqrt{V}$ $\text{pie}/\text{seg} = 15 \sqrt{V}$	$K = 75 f_T$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador $m/\text{seg} = 45 \sqrt{V}$ $\text{pie}/\text{seg} = 35 \sqrt{V}$
		<b>VÁLVULAS DE GLOBO</b>  Si: $\beta = 1, \theta = 0 \dots K_1 = 3 f_T$ $\beta < 1$ y $\theta \geq 45^\circ \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$ $\beta < 1$ y $45^\circ < \theta < 180^\circ \dots K_1 = \text{Fórmula 6}$	
Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 300 f_T$ $\beta < 1 \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$ velocidad mínima en la tubería para abrir totalmente el obturador $m/\text{seg} = 75 \beta^2 \sqrt{V}$	Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 350 f_T$ $\beta < 1 \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$ $\text{pie}/\text{seg} = 60 \beta^2 \sqrt{V}$		
		<b>VÁLVULAS DE MARIPOSA</b>  Diámetro 50 mm (2") a 200 mm (8") ..... $K = 45 f_T$ Diámetro 250 mm (10") a 350 mm (14") ... $K = 35 f_T$ Diámetro 400 mm (16") a 600 mm (24") ... $K = 25 f_T$	
Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 55 f_T$ $\beta < 1 \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador $m/\text{seg} = 170 \beta^2 \sqrt{V}$	Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 55 f_T$ $\beta < 1 \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$ $\text{pie}/\text{seg} = 140 \beta^2 \sqrt{V}$		

Tabla no. VII Tabla del Factor K (Cont.).

VÁLVULAS DE MACHO Y LLAVES

Paso directo

tres entradas

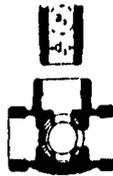


Si:  $\beta = 1$ ,  
 $K_1 = 18 f_T$



Vista X-X

Si:  $\beta = 1$ ,  
 $K_1 = 30 f_T$



Si:  $\beta = 1$ ,  
 $K_1 = 90 f_T$

Si:  $\beta < 1$   $K_1 = \text{Fórmula 6}$

CODOS ESTÁNDAR

90°

45°

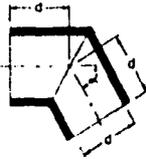


$K = 30 f_T$



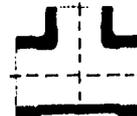
$K = 16 f_T$

CURVAS EN ESCUADRA O FALSA ESCUADRA



α	K
0°	2 f <sub>T</sub>
15°	4 f <sub>T</sub>
30°	8 f <sub>T</sub>
45°	15 f <sub>T</sub>
60°	25 f <sub>T</sub>
75°	40 f <sub>T</sub>
90°	60 f <sub>T</sub>

CONEXIONES ESTÁNDAR EN "T"



Flujo directo .....  $K = 20 f_T$

Flujo desviado a 90°...  $K = 60 f_T$

CURVAS Y CODOS DE 90° CON BRIDAS O CON EXTREMOS PARA SOLDAR A TOPE



r/d	K	r/d	K
1	20 f <sub>T</sub>	8	24 f <sub>T</sub>
1.5	14 f <sub>T</sub>	10	30 f <sub>T</sub>
2	12 f <sub>T</sub>	12	34 f <sub>T</sub>
3	12 f <sub>T</sub>	14	38 f <sub>T</sub>
4	14 f <sub>T</sub>	16	42 f <sub>T</sub>
6	17 f <sub>T</sub>	20	50 f <sub>T</sub>

El coeficiente de resistencia  $K_B$ , para curvas que no sean de 90° puede determinarse con la fórmula:

$$K_B = (n - 1) \left( 0.25 \pi f_T \frac{r}{d} + 0.5 K \right) + K$$

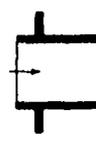
$n$  = número de curvas de 90°

$K$  = coeficiente de resistencia para una curva de 90° (según tabla)

ENTRADAS DE TUBERÍA

Con resalte hacia el interior

A tope



$K = 0.78$

r/d	K
0.00°	0.5
0.02	0.28
0.04	0.24
0.06	0.15
0.10	0.09
0.15 y más	0.04

\*de cantos vivos



Véanse los valores de  $K$  en la tabla

CURVAS DE 180° DE RADIO CORTO



$K = \dots$

SALIDAS DE TUBERÍA

Con resalte De cantos vivos Redondeada

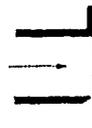
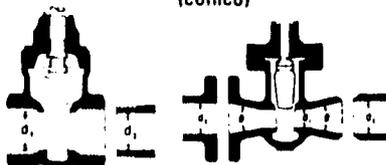


Tabla no. VII Tabla del Factor K (Cont).

**VÁLVULAS DE COMPUERTA**  
De cuña, de doble obturador o tipo macho (cónico)



Si:  $\beta = 1, \theta = 0 \dots \dots \dots K_1 = 8 f_T$   
 $\beta < 1$  y  $\theta < 45^\circ \dots \dots \dots K_1 = \text{Fórmula 5}$   
 $\beta < 1$  y  $45^\circ < \theta < 180^\circ \dots \dots K_1 = \text{Fórmula 6}$

**VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE DISCO OSCILANTE**

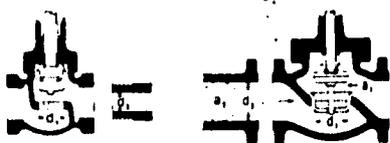


$K = 100 f_T$        $K = 50 f_T$

Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador

(m/seg) =  $45 \sqrt{V}$       =  $75 \sqrt{V}$   
 (pie/seg) =  $35 \sqrt{V}$       =  $60 \sqrt{V}$   
 U/L Registradas =  $120 \sqrt{V}$       =  $100 \sqrt{V}$

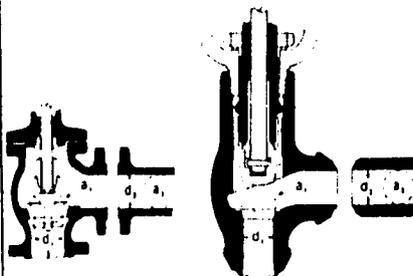
**VÁLVULAS DE GLOBO Y ANGULARES**



Si:  $\beta = 1 \quad K_1 = 340 f_T$



Si:  $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$



Si:  $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 150 f_T$       Si:  $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$

Todas las valvulas de globo y angulares con asiento reducido o de mariposa

Si:  $\beta < 1 \dots \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$

**VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE OBTURADOR ASCENDENTE**



Si:  $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 600 f_T$   
 $\beta < 1 \dots \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$

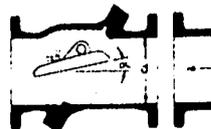
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador =  $50 \beta^2 \sqrt{V}$  m/seg       $40 \beta^2 \sqrt{V}$  pie/seg



Si:  $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$   
 $\beta < 1 \dots \dots K_1 = \text{Fórmula 7}$

Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador =  $170 \beta^2 \sqrt{V}$  m/seg       $140 \beta^2 \sqrt{V}$  pie/seg

**VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE DISCO BASCULANTE**



Pasos	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 15^\circ$
50 mm (2") a 200 mm (8")	$K = 40 f_T$	$120 f_T$
250 mm (10") a 350 mm (14")	$K = 30 f_T$	$90 f_T$
400 mm (16") a 1200 mm (48")	$K = 20 f_T$	$60 f_T$
Velocidad mínima en la tubería para abrir totalmente el obturador = m/seg	$100 \sqrt{V}$	$40 \sqrt{V}$
pie/seg	$80 \sqrt{V}$	$30 \sqrt{V}$

Tabla no. VIII Longitudes Equivalentes L y L/D, Nomograma del Coeficiente de Resistencia K.

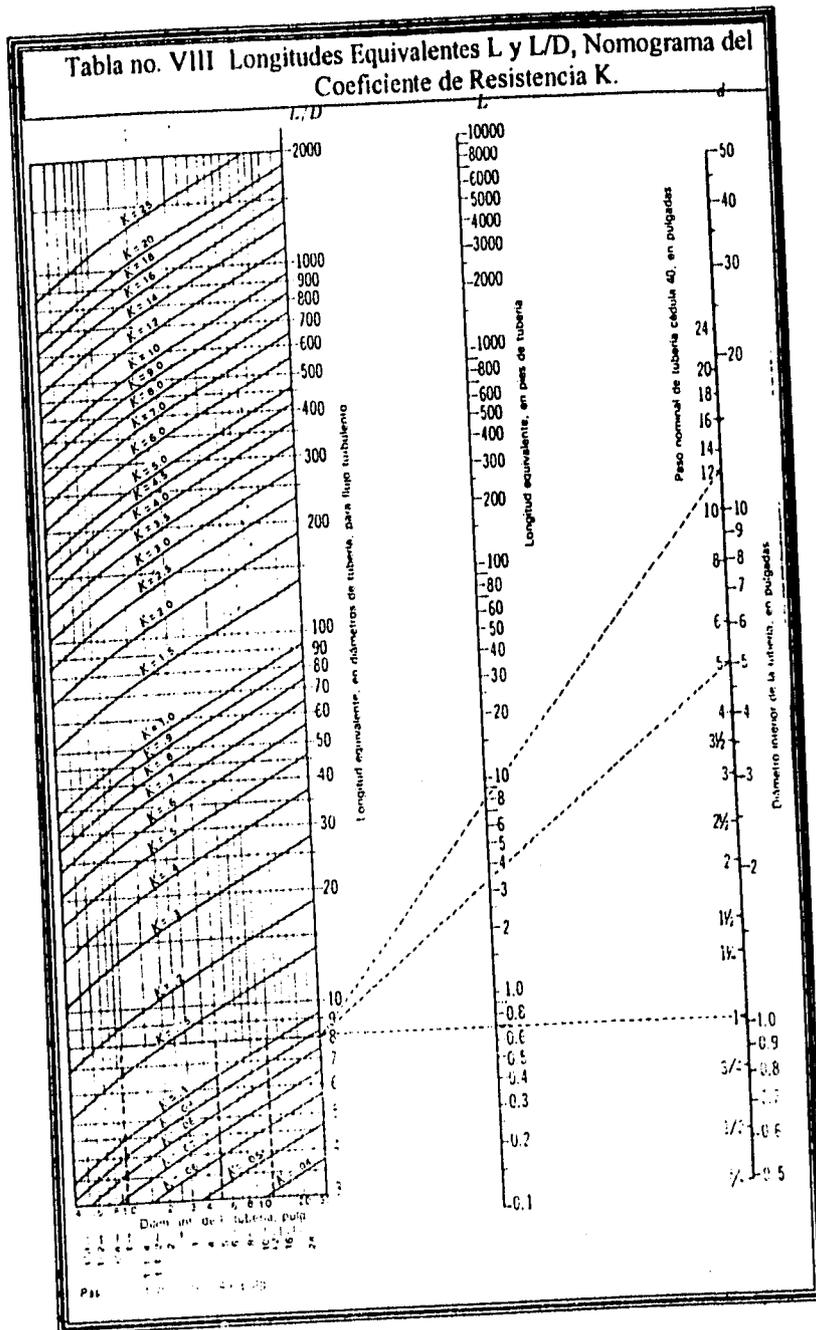


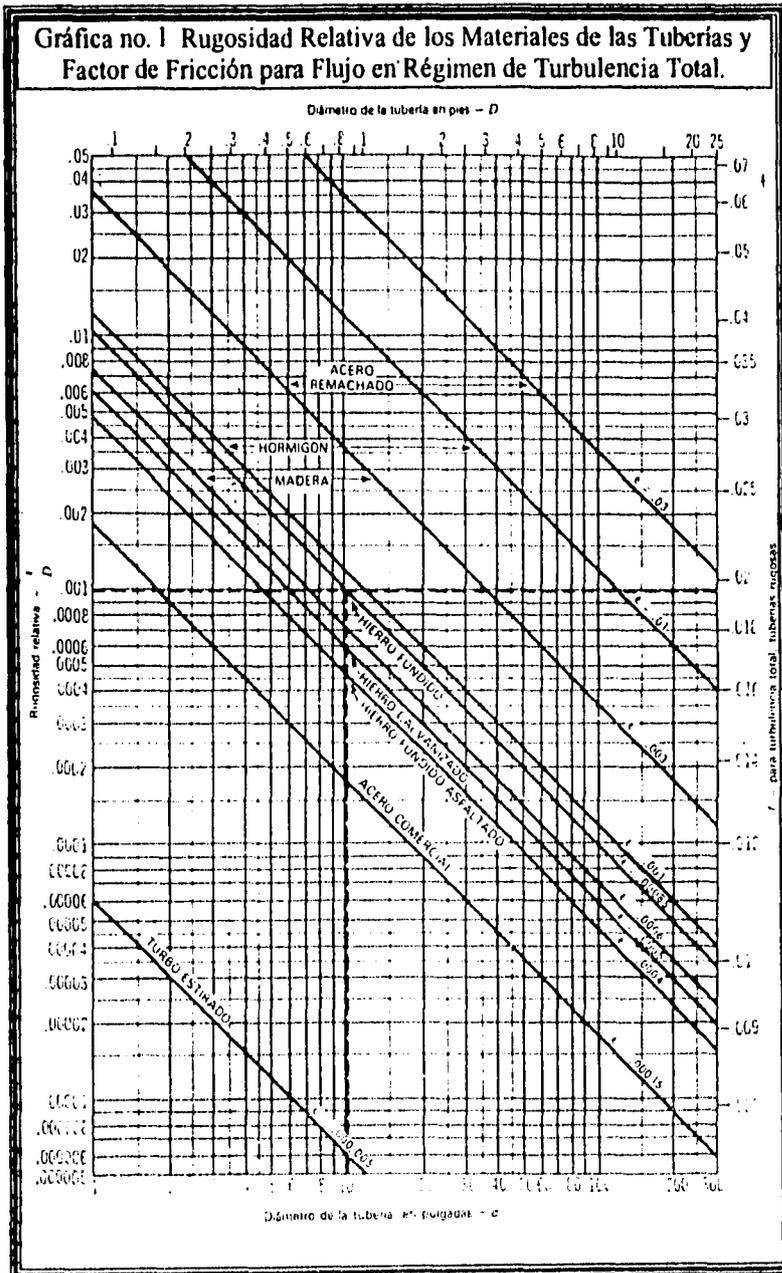
Tabla no. IX Potencia Requerida para Bombeo.

Galones por minuto	Potencia térmica en HP requerida para elevar agua (a 60°F) a diferentes alturas														
	5 Pies	10 Pies	15 Pies	20 Pies	25 Pies	30 Pies	35 Pies	40 feet	45 Pies	50 Pies	60 Pies	70 Pies	80 Pies	90 Pies	100 Pies
5	0.006	0.013	0.019	0.025	0.031	0.038	0.044	0.051	0.057	0.063	0.076	0.088	0.101	0.114	0.126
10	0.013	0.025	0.038	0.051	0.063	0.076	0.088	0.101	0.114	0.126	0.152	0.177	0.202	0.227	0.253
15	0.019	0.038	0.057	0.076	0.095	0.114	0.133	0.152	0.171	0.190	0.227	0.265	0.303	0.341	0.379
20	0.025	0.051	0.076	0.101	0.126	0.152	0.177	0.202	0.227	0.253	0.303	0.354	0.404	0.455	0.505
25	0.031	0.063	0.095	0.126	0.158	0.190	0.221	0.253	0.284	0.316	0.379	0.442	0.505	0.568	0.631
30	0.038	0.076	0.114	0.151	0.190	0.227	0.265	0.303	0.341	0.379	0.455	0.531	0.606	0.681	0.758
35	0.044	0.088	0.133	0.177	0.221	0.265	0.310	0.354	0.398	0.442	0.531	0.619	0.707	0.796	0.884
40	0.051	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.404	0.455	0.505	0.606	0.707	0.808	0.910	1.011
45	0.057	0.114	0.171	0.227	0.284	0.341	0.398	0.455	0.512	0.568	0.682	0.796	0.910	1.023	1.137
50	0.063	0.126	0.190	0.253	0.316	0.379	0.442	0.505	0.568	0.631	0.758	0.884	1.011	1.137	1.263
60	0.076	0.152	0.227	0.303	0.379	0.455	0.531	0.606	0.681	0.758	0.910	1.061	1.213	1.364	1.516
70	0.088	0.177	0.265	0.354	0.442	0.531	0.619	0.707	0.796	0.884	1.061	1.238	1.415	1.592	1.768
80	0.101	0.202	0.303	0.404	0.505	0.606	0.707	0.808	0.910	1.011	1.213	1.415	1.617	1.819	2.021
90	0.114	0.227	0.341	0.455	0.568	0.681	0.796	0.910	1.023	1.137	1.364	1.592	1.819	2.046	2.274
100	0.126	0.253	0.379	0.505	0.631	0.758	0.884	1.011	1.137	1.263	1.516	1.768	2.021	2.274	2.526
125	0.158	0.316	0.474	0.631	0.790	0.947	1.105	1.263	1.421	1.579	1.895	2.211	2.526	2.842	3.158
150	0.190	0.379	0.568	0.758	0.947	1.137	1.326	1.516	1.705	1.895	2.274	2.653	3.032	3.411	3.790
175	0.221	0.442	0.663	0.884	1.105	1.326	1.547	1.768	1.990	2.211	2.653	3.095	3.537	3.979	4.421
200	0.253	0.505	0.758	1.011	1.263	1.516	1.768	2.021	2.274	2.526	3.032	3.537	4.042	4.548	5.053
250	0.316	0.631	0.947	1.263	1.579	1.895	2.211	2.526	2.842	3.158	3.790	4.421	5.053	5.684	6.316
300	0.379	0.758	1.137	1.516	1.895	2.274	2.653	3.032	3.411	3.790	4.548	5.305	6.063	6.821	7.579
350	0.442	0.884	1.326	1.768	2.211	2.653	3.095	3.537	3.979	4.421	5.305	6.190	7.074	7.958	8.842
400	0.505	1.011	1.516	2.021	2.526	3.032	3.537	4.042	4.548	5.053	6.063	7.074	8.084	9.095	10.11
500	0.631	1.263	1.895	2.526	3.158	3.790	4.421	5.053	5.684	6.316	7.579	8.842	10.11	11.37	12.63

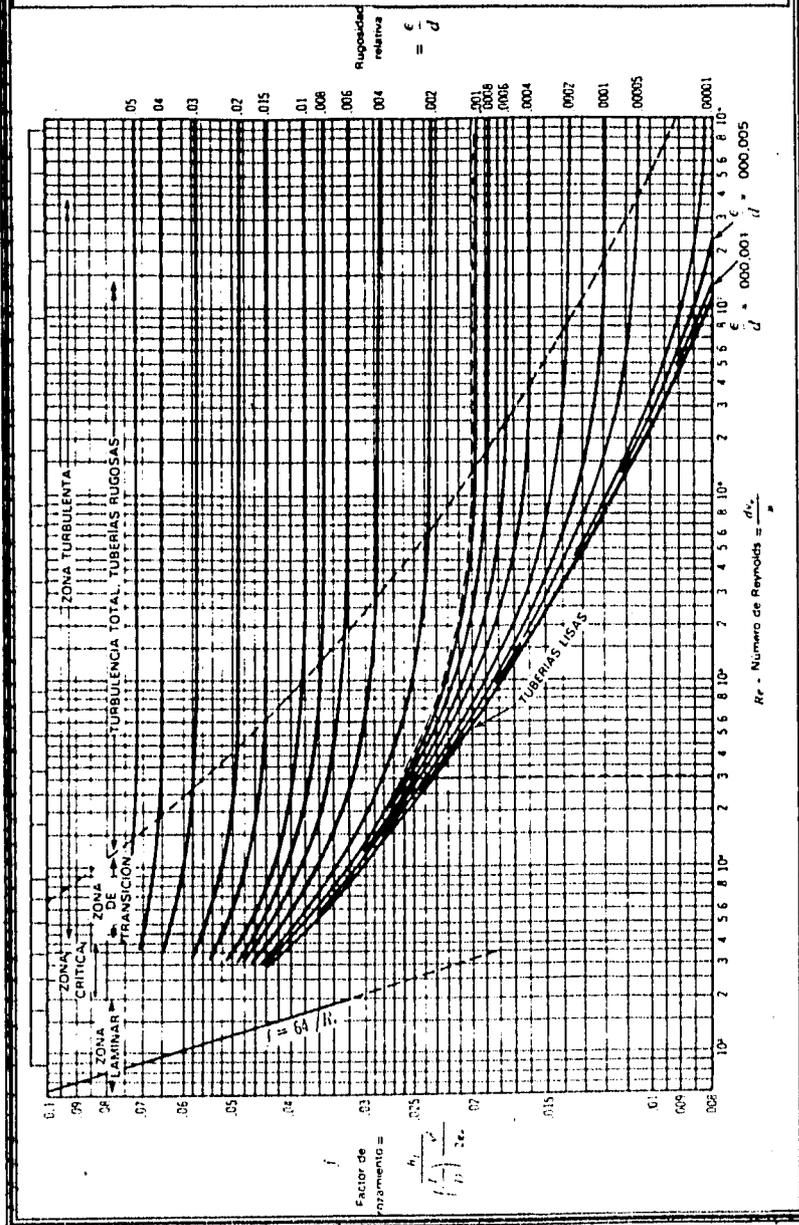
  

Galones por minuto	125 Pies	150 Pies	175 Pies	200 Pies	250 Pies	300 Pies	350 Pies	400 Pies
	5	0.158	0.190	0.221	0.253	0.316	0.379	0.442
10	0.316	0.379	0.442	0.505	0.631	0.758	0.884	1.011
15	0.474	0.568	0.663	0.758	0.947	1.137	1.326	1.516
20	0.631	0.758	0.884	1.011	1.263	1.516	1.768	2.021
25	0.790	0.947	1.105	1.263	1.579	1.895	2.211	2.526
30	0.947	1.137	1.326	1.516	1.895	2.274	2.653	3.032
35	1.105	1.326	1.547	1.768	2.211	2.653	3.095	3.537
40	1.263	1.516	1.768	2.021	2.526	3.032	3.537	4.042
45	1.421	1.705	1.990	2.274	2.842	3.411	3.979	4.548
50	1.579	1.895	2.211	2.526	3.158	3.790	4.421	5.053
60	1.895	2.274	2.653	3.032	3.790	4.548	5.305	6.063
70	2.211	2.653	3.095	3.537	4.421	5.305	6.190	7.074
80	2.526	3.032	3.537	4.042	5.053	6.063	7.074	8.084
90	2.842	3.411	3.979	4.548	5.684	6.821	7.958	9.095
100	3.158	3.790	4.421	5.053	6.316	7.579	8.842	10.11
125	3.948	4.737	5.517	6.316	7.895	9.474	11.05	12.63
150	4.737	5.684	6.632	7.579	9.474	11.37	13.26	15.16
175	5.527	6.632	7.737	8.842	11.05	13.26	15.47	17.68
200	6.316	7.579	8.842	10.11	12.63	15.16	17.68	20.21
250	7.895	9.474	11.05	12.63	15.79	18.95	22.11	25.26
300	9.474	11.37	13.26	15.16	18.95	22.74	26.53	30.32
350	11.05	13.26	15.47	17.68	22.11	26.53	30.95	35.37
400	12.63	15.16	17.68	20.21	25.26	30.32	35.37	40.42
500	15.79	18.95	22.11	25.26	31.58	37.90	44.21	50.53

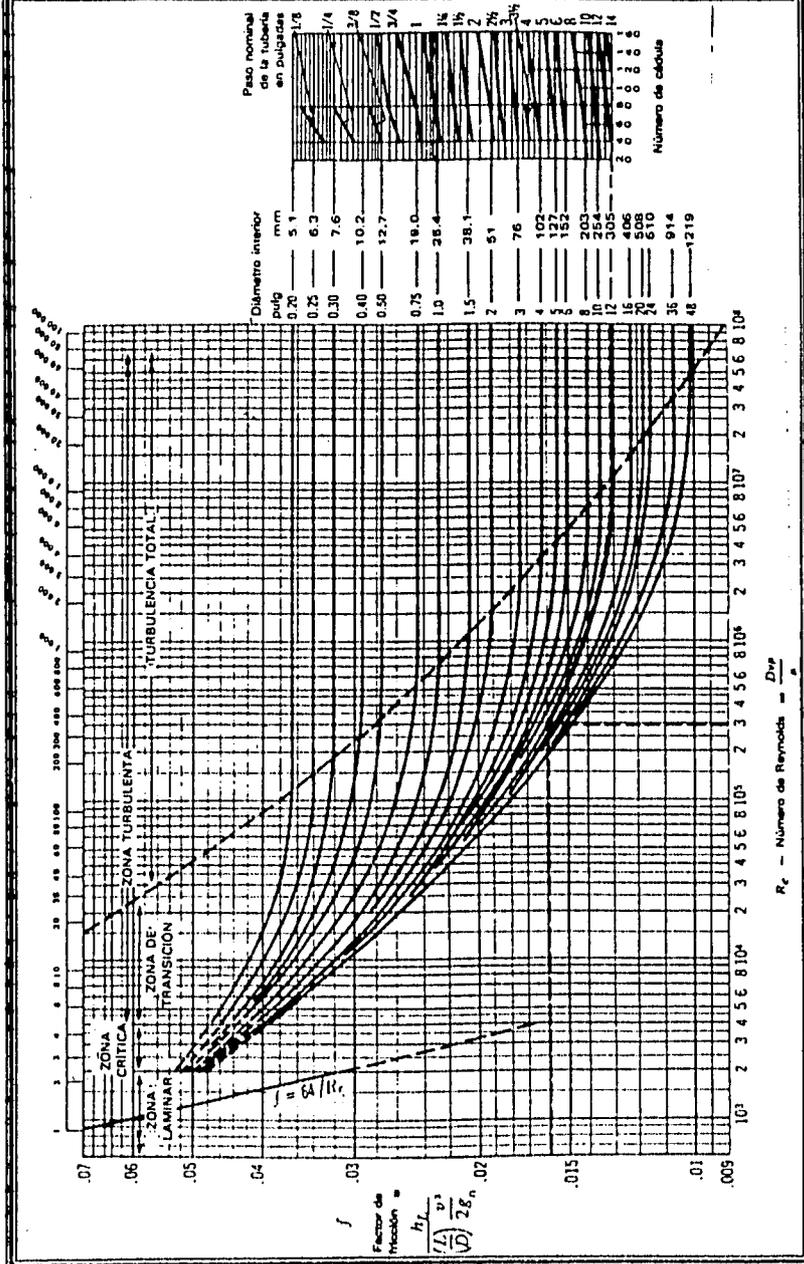
**Gráfica no. 1 Rugosidad Relativa de los Materiales de las Tuberías y Factor de Fricción para Flujo en Régimen de Turbulencia Total.**



Gráfica no. II Factores de Fricción para Cualquier Tipo de Tubería Comercial.



Gráfica no. III Factores de Fricción para Tuberías Comerciales de Acero Limpias.



## *BIBLIOGRAFIA.*

BIBLIOGRAFIA.

- 1.) CASTELLAN, Gilbert W. " *Fisicoquímica* ". ed. Fondo Educativo Interamericano S.A. , 1974-1976.
- 2.) DONALD, Q. Kern. " *Procesos de Transferencia de Calor* ". ed. C.E.C.S.A., 1990.
- 3.) " *Fire Protection Handbook* ". Seventeenth edition, 1991. ed. National Fire Protection Asociation, Quincy, Massachusetts. cap.5
- 4.) " *Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal* ". 27 de Enero de 1992. Tomo I No. 139.
- 5.) Ing. Juan Mario Morales C. " *Curso de Flujo de Fluidos* ".
- 6.) MARON y PRUTTON. " *Fundamentos de Fisicoquímica* ". ed. LIMUSA; p. 109-196.
- 7.) McCABE W.L., SMITH J.C. y HARRIOTT P. " *Unit Operations of Chemical Engineering* ". ed. Mc. Graw Hill.; p. 21- 252.
- 8.) RASE H.F. and BARROW M.H. " *Ingenieria de Proyectos para Plantas de Proceso* ". ed. C.E.C.S.A.
- 9.) SAX. " *Dangerous Properties of Industrial Materials* ".
- 10.) NFPA. 292M " *Water Chargers for Private Fire Protection* ".
- 11.) NFPA. 70 " *National Electrical Code* ".
- 12.) NFPA. 20 " *Centrifugal Fire Pumps* ".
- 13.) NFPA. 14 " *Standar for the Installation of Standpipe and Hose Systems* ".
- 14.) NFPA. 1961. " *Fire Hose* ".
- 15.) NFPA. 325M " *Fire-Hazard Properties of Flamable Liquids, Gases and Volatile Solids* ".