

21  
2 ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**DISEÑO DE SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA  
PROTECCION CONTRA INCENDIO EN PLANTAS  
INDUSTRIALES USANDO COMO RECURSO  
PRINCIPAL EL AGUA**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
CARLOS MIRANDA AGUILAR**

**ASESOR: I.O. SALVADOR GALLEGOS RAMALES.**



**MEXICO, D. F.**

**1997**

**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES "ZARAGOZA"**

**JEFATURA DE LA CARRERA DE  
INGENIERIA QUIMICA**

**OF/082/002/97**

**C. Carlos Miranda Aguilar  
P r e s e n t e .**

**En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:**

- Presidente: I.Q. Salvador Gallegos Ramales**  
**Vocal: I.Q. Fernando Herrera Juárez**  
**Secretario: I.Q. Dominga Ortiz Bautista**  
**Suplente: I.Q.I. Rosario Tapia Aguilar**  
**Suplente: I.Q. José Antonio Zamora Plata**

**A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

**México, D.F., 17 de Enero 1997**



**Ing. Magín Enrique Juárez Villar  
Jefe de la Carrera**

A mis padres José Trinidad y Eida, con profundo cariño y agradecimiento por el esfuerzo y dedicación que me han dado por siempre y por haberme brindado la oportunidad de lograr mi desarrollo profesional.

A mis hermanos Elisa, Hugo, Oscar y Ma. Elena con todo mi aprecio y cariño.

A mi tía Ana, por su apoyo permanente en mi vida.

A mi esposa Gloria por su aliento y apoyo incondicional, y por haber compartido todas las satisfacciones y sin sabores en nuestro matrimonio, con todo cariño.

A mi hija Raquel por el inmenso cariño que le tengo y llenar mi vida de alegría, que este trabajo le sirva de motivación en su futuro.

En memoria de mi hijo Carlos  
(Q.E.P.D).

**A mis compañeros y amigos que con su ayuda desinteresada han contribuido al desarrollo de esta tesis, como muestra de amistad.**

**Al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.**

## RESUMEN

El presente trabajo tiene la finalidad de plantear los lineamientos generales que se establecen para el diseño y la selección de los sistemas de protección de agua contraincendio en plantas de proceso químicas e industriales.

En el capítulo I se describen los objetivos generales para la sustentación de este trabajo.

En el capítulo II se explican los factores esenciales en la formación de un incendio, la clasificación de los incendios, para la definición del medio y los agentes extintores adecuados para su mitigación y control. Se describe el funcionamiento, características, clasificación y principios de operación de los extintores empleados en la industria.

En el capítulo III se describen las propiedades físicas y químicas del agua. Se definen los criterios utilizados para el diseño de la capacidad de almacenamiento de las fuentes primarias y secundarias de abastecimiento de agua. Además se describe el uso y la operación de mangueras, hidrantes y monitores como medios de aplicación del agua.

En el capítulo IV se define el uso, limitaciones y clasificación de los sistemas de aspersión de agua, indicando los requerimientos de agua para el diseño de los sistemas fijos en la prevención, control y extinción del fuego. También, se presenta la metodología recomendada para el diseño y selección de los sistemas de aspersión de agua.

En el capítulo V se establecen los parámetros, las condiciones básicas y los criterios de presión y velocidad recomendables para el diseño de líneas y redes de agua contraincendio, junto con los diámetros y tipos de tubería más usuales. Además se indican los métodos y el modelo matemático recomendados para el cálculo de las redes de tuberías.

En el capítulo VI se cubren los principios operativos de las bombas usadas para la protección contraincendio y los procedimientos de prueba y mantenimiento que se deben seguir para mantener las condiciones de operación al máximo. Por otra parte, se indican las ecuaciones empleadas para el diseño y los criterios indispensables para la selección del sistema de bombeo.

El capítulo VII se refiere a las conclusiones generales del trabajo elaborado, donde se mencionan los aspectos más importantes que deben ser tomados en cuenta para el diseño y la selección del sistema de agua contraincendio.

En el capítulo VIII se indican las referencias bibliográficas que apoyan este trabajo.

## INDICE

<b>CAPITULO I</b>	<b>INTRODUCCION.</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO II</b>	<b>GENERALIDADES.</b>	<b>5</b>
2.1	EL FUEGO.	5
2.2	CAUSAS Y PREVENCION DE INCENDIOS.	11
2.3	EXTINCION DEL FUEGO.	14
2.4	EXTINTORES, CARACTERISTICAS Y PRINCIPIOS DE OPERACION.	20
<b>CAPITULO III</b>	<b>EL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR.</b>	<b>38</b>
3.1	PROPIEDADES DEL AGUA.	38
3.2	USOS Y LIMITACIONES.	41
3.3	SUMINISTRO DE AGUA CONTRA INCENDIO.	44
3.4	MEDIOS DE APLICACION DEL AGUA.	50
<b>CAPITULO IV</b>	<b>SISTEMAS DE ASPERSION DE AGUA.</b>	<b>58</b>
4.1	DEFINICIONES.	59
4.2	USOS PRINCIPALES.	61
4.3	LIMITACIONES.	64
4.4	CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE ASPERSION.	65
4.5	BOQUILLAS ASPERSORAS.	67

4.6	BOQUILLAS DE ALTA Y MEDIA VELOCIDAD.	67
4.7	APLICACIONES.	68
4.8	SISTEMAS FIJOS DE NIEBLA.	73
4.9	DISEÑO DEL SISTEMA DE ASPERSION DE AGUA.	74
4.10	EJEMPLO DE APLICACION.	81
<b>CAPITULO V</b>	<b>DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIO.</b>	<b>85</b>
5.1	SISTEMAS DE AGUA CONTRA INCENDIO.	85
5.2	CONDICIONES DE DISEÑO.	88
5.3	CRITERIOS DE DISEÑO.	88
5.4	SISTEMAS DE TUBERIAS.	89
5.5	TIPOS DE TUBERIAS.	92
5.6	CORROSION EN TUBERIAS.	93
5.7	DOCUMENTACION REQUERIDA.	94
5.8	INFORMACION REQUERIDA.	96
5.9	CALCULO DE TUBERIAS DE AGUA CONTRA INCENDIO.	96
5.10	CALCULO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIO.	111
<b>CAPITULO VI</b>	<b>SELECCION DE SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA CONTRA INCENDIO.</b>	<b>123</b>
6.1	SISTEMAS DE BOMBEO.	123
6.2	TIPOS DE BOMBAS.	124

<b>6.3 PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA BOMBA.</b>	<b>126</b>
<b>6.4 BOMBAS CENTRIFUGAS CONTRA INCENDIO.</b>	<b>130</b>
<b>6.5 CRITERIOS DE DISEÑO DE BOMBAS.</b>	<b>139</b>
<b>6.6 REQUERIMIENTOS DE BOMBEO.</b>	<b>144</b>
<b>6.7 CALCULO DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.</b>	<b>151</b>
<b>6.8 ACCIONADORES DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.</b>	<b>155</b>
<b>6.9 LOCALIZACION DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.</b>	<b>161</b>
<b>6.10 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS.</b>	<b>162</b>
<b>CAPITULO VII CONCLUSIONES.</b>	<b>164</b>
<b>CAPITULO VIII BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>169</b>

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

La creciente demanda de materias primas y productos altamente manufacturados en la industria de la transformación del petróleo e industria química, requiere de productos muy inflamables e instalaciones de alto riesgo.

De esta manera, toda planta industrial o química, ya sea grande o pequeña, cuenta en sus instalaciones con diversas áreas tanto de proceso, almacenamiento, manejo y distribución de sustancias peligrosas, existiendo el riesgo potencial de que se presenten incendios, explosiones o la formación de nubes tóxicas con consecuencias devastadoras para el personal operativo, equipo e instalaciones en general, como consecuencia del manejo inadecuado de estos materiales o de una mala operación del equipo, aunado a la falta de precaución o distracción del personal.

Más aún, tomando en consideración el costo de las instalaciones de proceso, administrativas, almacenaje, embarque, etc., y al compararlo con el costo de un sistema contraincendio, se estima que la inversión realizada en este concepto resulta una suma despreciable.

Si a lo anterior, se agrega que el seguro contra riesgos de las instalaciones depende del grado de seguridad de las mismas, se deduce que es de vital importancia contar con sistemas confiables y eficaces para prevenir, evitar o eliminar situaciones de peligro. Esto se logra a base de un buen diseño, una adecuada selección y la instalación de un sistema contraincendio.

Un sistema de protección contraincendio se utiliza para identificar y prevenir una situación de alto riesgo, advertir al personal operativo de la emergencia y controlar el fuego, para evitar problemas significativos al personal y a las propias instalaciones.

Dependiendo del tipo de sustancia que pueda propiciar el fuego, será el elemento recomendado para el sistema contraincendio con el fin de lograr su extinción. Entre los elementos más comúnmente empleados se tienen el agua, halón, arena, bióxido de carbono, espuma química, espuma mecánica, etc.

El agua es uno de los elementos más usados para extinguir el fuego y proteger las instalaciones de una planta industrial. Es la sustancia más abundante del planeta, más del 80% de la superficie terrestre está cubierta por agua, en forma de un líquido relativamente puro en lagos y ríos, y como una solución salina diluida en los océanos. Además, es el agente que más se utiliza para combatir casi todo tipo de incendios, por su confiabilidad y disponibilidad inmediata.

El sistema de agua contra incendio en una planta de proceso, generalmente está constituido de tanques de almacenamiento de agua, bombas de contra incendio, redes de tubería de transporte de agua, hidrantes, monitores, aspersores y mangueras de agua. En la figura 1.1 se muestra un sistema típico de agua contra incendio para una planta de proceso, donde se indica el arreglo adecuado de los diversos componentes que conforman el sistema de protección, así como la distribución de la red de tuberías en forma de anillos con el fin de proporcionar el agua en diferentes direcciones al punto del posible incendio.

Los requerimientos en el diseño de un sistema de agua contra incendio están basados en la experiencia y en las prácticas seguidas en incendios de similar importancia, para lo cual se asume que el incendio ocurre en una unidad de proceso de una planta industrial. Actuando oportunamente en el control del incendio, es difícil que ocurran incendios simultáneos en diversas unidades.

Por otra parte, los requerimientos totales del sistema contra incendio se basan en la determinación del riesgo mayor en una área de proceso de la planta industrial, pero se debe tomar en cuenta la acumulación de los requerimientos de riesgos menores, seleccionando para el diseño del sistema contra incendio los requerimientos mayores de agua.

El objetivo del presente trabajo es plantear los lineamientos generales que permitan realizar el diseño adecuado de una red de agua contra incendio, en base a las recomendaciones reportadas en la normatividad aplicable en México para este tipo de sistemas, además de la normatividad internacional principalmente en lo indicado en el código National Fire Protection Association (NFPA). Estos lineamientos son de gran utilidad en la prevención o control de algún siniestro.

El propósito de estos lineamientos generales es describir la protección mínima requerida para el control y la prevención de un incendio. Es importante para el personal que se

ocupa de la seguridad de una planta, identificar las instalaciones como áreas de operación con personal, para definir los requisitos apropiados de protección contra incendio. La seguridad del personal operativo y administrativo es el objetivo primario en el diseño de un sistema de protección contra incendio; le sigue en importancia la prevención de daños a la ecología y finalmente la protección a la inversión de las instalaciones.



## CAPITULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 EL FUEGO.

##### 2.1.1 Triángulo del Fuego.

El fuego puede definirse como un fenómeno químico donde se realiza la oxidación rápida de materiales combustibles con oxígeno del aire para formar óxidos, bióxido de carbono, monóxido de carbono y vapor de agua con fuerte desprendimiento de energía en forma de luz y calor.

Para realizar la reacción química del combustible y el oxígeno del aire, es necesario la presencia de energía inicial, una vez iniciada la reacción esta va a generar el calor necesario para su continuación.

Para que exista fuego se requiere reunir los siguientes factores:

- Combustible.
- Oxígeno del Aire.
- Energía Calorífica.

##### a) Combustible.

Se dice que un material es combustible cuando al oxidarse desprende luz y calor. Es el elemento de propagación del fuego; al calentarse el material combustible a una temperatura determinada se generan vapores que combinados con el aire se queman, en presencia de una flama o chispa.

Así, se tiene por ejemplo que si se le aplica un cerillo encendido a un trozo de madera, esta por sí sola no arderá ya que no se llegan a producir vapores. En cambio, los líquidos muy volátiles como la gasolina y los solventes que presentan una fuerte vaporización arderán con mayor facilidad.

##### b) Oxígeno del Aire.

Debido a que el fuego es un fenómeno de oxidación, es necesaria la presencia de oxígeno para que ocurra, siempre y cuando se forme una mezcla con los

vapores combustibles en las proporciones adecuadas. Si solamente existen estos vapores inflamables, no será posible producir el fuego; igualmente si la mezcla es rica en oxígeno no habrá suficientes vapores combustibles para que arda la mezcla.

Por lo anterior es que al oxígeno se le denomina "comburente".

#### c) Energía Calorífica

Para que los materiales combustibles desprendan suficientes vapores se requiere de energía adicional. El calor es una forma de energía y trae como efecto la elevación de la temperatura de los componentes, iniciando la reacción.

La reunión de los tres factores anteriores siempre producirá fuego. Por consiguiente el fuego se puede representar gráficamente por un triángulo que reúne los tres factores mencionados anteriormente (Figura 2 1)

### 2.1.2 Temperaturas de Ignición y de Autoignición.

Debido a que se requiere que el combustible se encuentre en forma de vapor para arder, existen diversos términos que explican la importancia de la temperatura, como son los siguientes:

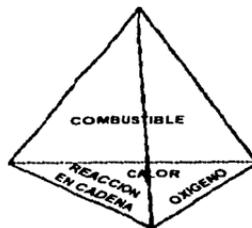
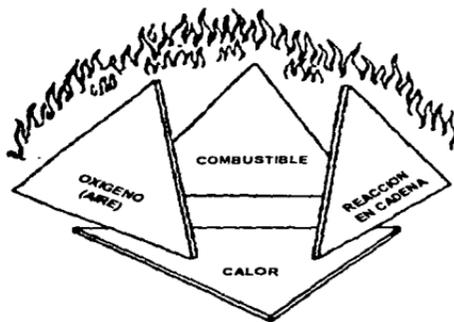
#### a) Temperatura de Ignición (Flash Point)

Es la temperatura alcanzada para que los materiales combustibles empiezen a desprender suficientes vapores para formar una mezcla combustible con aire.

#### b) Temperatura de Autoignición.

Es la temperatura a la cual la mezcla de vapores combustibles con el aire, se inflama sin necesidad de una fuente de ignición, independientemente del medio de calentamiento.

FIG. 2.1.- TRIANGULO Y PIRAMIDE DEL FUEGO



Por ejemplo, la temperatura de inflamación del diesel es aproximadamente de 65°C (150°F) y su temperatura de autoignición es alrededor de 338°C (640°F), lo que indica que abajo de 65°C, la mezcla de vapores existentes no arde al acercarle una flama. Sin embargo, si se calienta este líquido a 338°C, la mezcla de vapores existente sobre la superficie del mismo arderá espontáneamente

### 2.1.3 Límites de Inflamabilidad

Para que puedan arder los vapores combustibles en el aire, se requiere que se encuentren en cierta proporción ya que si la cantidad de vapores es muy pequeña la mezcla estará "pobre" y no arderá, en el caso de que la cantidad de vapores combustibles sea muy alta, la mezcla estará "muy rica" y tampoco arderá. De esto último se deduce el término Límite de Inflamabilidad

#### a) Límite de Inflamabilidad

Es el rango de concentración necesario para que una mezcla combustible pueda arder, o mejor dicho que sea una mezcla inflamable.

A estos límites también se les llega a llamar Límites de Explosividad, ya que la mezcla inflamable puede causar explosiones. Pero las explosiones no son más que la combustión en un lugar confinado o cerrado.

#### b) Límite Inferior de Inflamabilidad.

Es la concentración más baja que determina la proporción de vapores combustibles en el aire a partir de la cual la mezcla arderá.

#### c) Límite Superior de Inflamabilidad.

Es la concentración más alta que determina la proporción de vapores combustibles a partir de la cual la mezcla no arderá por ser demasiado rica.

Por ejemplo, para la gasolina los límites de inflamabilidad son 1.4% y 7.6%; ó sea, que menos de 1.4% de vapores de gasolina en el aire no arderán y más de 7.6% tampoco.

#### 2.1.4 Clasificación del Fuego.

El fuego cuando empieza es generalmente pequeño, pero se puede extender y quedar rápidamente fuera de control del equipo existente para apagarlo. Por lo que es importante conocer el tipo de fuego existente para determinar el método de extinción más recomendado.

El fuego se clasifica en cuatro clases, que depende del tipo de combustible que esté ardiendo:

##### a) Fuego Clase A.

El fuego de la Clase A es el que ocurre en materiales sólidos tales como trapos, viruta, papel, madera, hule, plásticos, basura y en general en materiales que se encuentren en ese estado físico.

Cuando se produce este fuego, al quemarse el material sólido se agrieta, generando cenizas y brasas.

El enfriamiento logrado por el agua o por soluciones que contienen grandes porcentajes de ella, es lo más adecuado para la extinción de estos fuegos.

##### b) Fuego Clase B.

El fuego de la Clase B es aquel que se produce en la mezcla de un gas, tales como butano, propano, etc., con el aire, o bien de la mezcla de los vapores que se desprenden de la superficie de los líquidos inflamables, tales como gasolina, aceites, grasas, solventes, etc. La reducción de la cantidad de aire o la acción de inhibir o evitar la combustión es de vital importancia para apagar fuegos de esta clase.

##### c) Fuego Clase C.

Se clasifica como fuego Clase C aquel que ocurre en o cerca de equipo eléctrico energizado. En este tipo de fuego la conductividad eléctrica del medio de extinción es de suma importancia, a fin de evitar daños mayores.

**d) Fuego Clase D.**

El fuego Clase D es el que se presenta por la combustión de metales, tales como magnesio, titanio, sodio, litio, potasio, aluminio o zinc en polvo.

**2.1.5 Fuentes de Ignición.**

En el manejo de hidrocarburos del petróleo y sustancias químicas en la industria, se pueden tener diversas fuentes de ignición que originan los diferentes tipos de incendio, como son las siguientes.

**a) Flama Abierta.**

Se encuentra en hogares de calentadores, calderas, sopletes, quemadores, etc.

**b) Chispas por Fricción.**

Al frotar metales se producen chispas que pueden proporcionar la energía suficiente para iniciar la combustión.

**c) Energía Eléctrica.**

Los circuitos eléctricos están siempre expuestos a producir chispas o arcos eléctricos no solo en altos voltajes, sino en potenciales moderados como es 110 volts, produciendo la energía suficiente para encender los vapores combustibles. Los focos al romperse y ponerse en contacto los vapores combustibles con el filamento caliente, arderán. De aquí la importancia de que en las áreas de peligro las instalaciones eléctricas sean a prueba de explosión.

**d) Electricidad Estática.**

Al fluir líquidos y gases por tuberías y equipos, generan electricidad que se va acumulando hasta llegar a cantidades tales que al disiparse produce chispas, por lo que todos los equipos como bombas, tuberías, recipientes, etc. deben estar conectados a tierra a fin de que se disipe la electricidad formada.

**e) Combustión Espontánea.**

Existen sustancias inestables que al ponerlas en contacto reaccionan entre sí, generando luz y calor, o bien reaccionan espontáneamente con el oxígeno del aire.

**f) Otras Fuentes de Ignición.**

Estas son naturales como el rayo o el sol, y aunque no se pueden evitar siempre hay que tenerlas presentes.

## **2.2 CAUSAS Y PREVENCIÓN DE INCENDIOS.**

Las causas más comunes que originan la mayoría de los incendios son la falta de orden y limpieza, el mal uso de cerillos y cigarrillos, las instalaciones eléctricas y flamas abiertas provenientes de sopletes para cortar y soldar, siendo estos los riesgos que más se deben vigilar y controlar para prevenir incendios, por lo cual es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

**• Falta de Orden y Limpieza.**

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

- a) No deben acumularse basuras, residuos y desperdicios combustibles, tales como estopas y trapos impregnados con aceites, grasas, gasolina y solventes.
- b) Evitar derrames de aceites o líquidos inflamables en el piso.
- c) No hacer estibas desordenadas que puedan caerse o dificulten la circulación.
- d) Cortar los pastos, retirar las ramas, madera o vegetación seca de las cercanías de edificios o instalaciones.
- e) Mantener limpia la maquinaria y la herramienta.

- **Cigarros y Cerillos.**

En realidad los cigarros y los cerillos son los causantes indirectos de los incendios, la causa directa en sí, es el descuido generalizado entre un gran número de fumadores.

La mayoría de los incendios han sido motivados por la falta de observancia de las reglas más elementales de precaución, como asegurarse que tanto los cigarros como los cerillos estén totalmente apagados antes de tirarlos, así como usar los ceniceros y en los centros de trabajo, fumar solamente en los sitios en que está permitido hacerlo.

Una medida necesaria es la colocación de carteles claros y visibles en los que se prohíbe fumar, en todas aquellas áreas donde sea peligroso hacerlo.

- **Líquidos inflamables.**

- a) Es muy frecuente el almacenamiento de líquidos inflamables en lugares inadecuados y en recipientes impropios para este tipo de materiales.
- b) Ni aún en forma transitoria, se deben colocar los líquidos inflamables cerca de las fuentes de calor; en general, tampoco almacenarlos o transportarlos en recipientes de vidrio o sin tapa.
- c) Para transportar o guardar muestras o pequeñas cantidades de diferentes tipos de líquidos inflamables, se tiene que disponer de botes metálicos de seguridad con tapas herméticas, algunas accionadas con resorte. Estos recipientes están contruidos de manera que su centro de gravedad sea muy bajo, lo cual hace difícil que se vuelquen, y si accidentalmente se caen o se voltean, el peligro de derrame sea mínimo.
- d) Es conveniente hacer inspecciones periódicas al equipo, tuberías, recipientes, válvulas, etc., para descubrir y prevenir fugas de gases y líquidos inflamables. Debe tenerse en cuenta que los tambores o recipientes semivacios o vacíos totalmente que hayan almacenado productos inflamables, son más peligrosos aún que los llenos, por lo que todos estos recipientes deben mantenerse bien tapados y apartados de cualquier fuente de calor.
- e) En los almacenes que guarden líquidos inflamables, además de las medidas de seguridad indicadas anteriormente debe proporcionarse una buena ventilación, con el objeto de evitar la formación de mezclas explosivas.

- f) En vista del gran número de incendios que ocasiona el uso de gasolina y solventes (de bajo punto de inflamación), para la limpieza de pisos y equipo, no deberán usarse estos productos para esta clase de trabajos, por los riesgos que implican.
- Equipos de Soldar y Cortar con Sopleto.

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

- a) Inspección previa del lugar en el que se va a efectuar algún trabajo de soldadura o corte para determinar si es peligroso o no, verificando que no existan en dicha área desperdicios de materiales combustibles o mezclas explosivas en el ambiente (usando un "explosímetro") También se debe comprobar que el piso y la superficie por soldar estén limpios, sin grasas, aceites o pinturas y en general cualquier otro material combustible. Dejar una área con extensión adecuada alrededor del sitio donde se va a aplicar el sopleto. Cuando sea práctico y posible, se deben colocar cortinas de agua, vapor y/o lonas húmedas como protección.
  - b) El control de las condiciones existentes durante y después de efectuado el trabajo es muy importante, ya que los materiales sufren un fuerte calentamiento, desprendiéndose chispas y partículas al rojo vivo. Es posible que el calentamiento genere vapores inflamables, lo que puede ocasionar un siniestro, por lo cual es recomendable contar con extinguidores a la mano.
  - c) El oxígeno puro como viene en los cilindros, cuando hay trazas de aceite reacciona con violencia y es explosivo. Debe vigilarse que no haya fugas en las válvulas, ni en las conexiones, así como que las mangueras estén en buen estado.
- Calentadores, Estufas, Calderas, Equipos Eléctricos, etc.

Son causas frecuentes de incendios el estado defectuoso, la correcta instalación, así como la ejecución de trabajos peligrosos cerca de calderas, calentadores, estufas y equipo eléctrico, ya que es común encontrar materiales combustibles,

tales como tambores, almacenamiento de líquidos inflamables, etc., en la cercanía de los equipos.

- **Instalaciones Eléctricas.**
  - a) Las instalaciones defectuosas y conexiones inseguras son fuente de muchos accidentes. Por esta razón se debe revisar cuidadosamente los cordones de conexión a los aparatos y herramientas eléctricas.
  - b) Son causa de muchos incendios las instalaciones y líneas sobrecargadas o con protección deficiente, ya que están expuestas a sobrecalentamientos. Por consiguiente se deben observar las siguientes reglas para prevenir incendios:
    - No sobrecargar las líneas, verificando que la instalación eléctrica es la adecuada para los usos requeridos.
    - Evitar las instalaciones provisionales y dar un buen mantenimiento a los circuitos eléctricos.
    - Para seleccionar la instalación y el equipo eléctrico es necesario tomar en cuenta la peligrosidad de las mezclas explosivas que puedan formarse con el aire y los gases, vapores o polvos existentes en el área de trabajo.

## **2.3 EXTINCIÓN DEL FUEGO.**

### **2.3.1 Formas de Extinción del Fuego.**

La extinción del fuego se basa en la eliminación de uno de los tres factores necesarios para que exista el fuego, teniéndose así tres métodos para la extinción del mismo.

#### **a) Enfriamiento.**

Este método se basa en la eliminación del calor para evitar que continúe la combustión. Un agente que absorbe gran cantidad de calor enfriando en forma muy eficiente es el agua, que correctamente aplicada es muy útil. Otra forma de enfriar es que los gases de la combustión se dividan y entren en contacto con el aire enfriándose, esto se logra al pasar a través de una rejilla como en los

arrestadores de flama de los tanques de almacenamiento de los líquidos volátiles.

**b) Sofocamiento.**

Consiste en evitar que entren en contacto el oxígeno del aire y los vapores combustibles; esto se logra en dos formas, la primera se basa en crear una atmósfera inerte (exenta de oxígeno) por medio de agentes extintores como el bióxido de carbono, los polvos químicos secos y líquidos vaporizantes. La otra forma es aislar el combustible del aire por medio de una capa intermedia, que es el caso de la espuma química, las espumas mecánicas y el agua liviana.

**c) Eliminación del Combustible.**

El eliminar el material combustible trae como consecuencia la extinción del fuego. En algunos casos como en los gases, es preferible eliminar el combustible para extinguirlo ya que de intentar cualquier otro método, la fuga de gas continuará, llegando a crear un peligro mayor como es la creación de atmósferas explosivas. Así por ejemplo, cuando un calentador a fuego directo se produce un incendio por la rotura de uno de sus serpentines, se debe cortar de inmediato la carga y el combustible y/o gas combustible a quemadores y al mismo tiempo debe efectuarse un barrido con vapor para terminar de eliminar el material combustible residual, con lo cual el incendio se apagará.

### **2.3.2 Agentes Extintores.**

A pesar de todas las medidas de prevención de incendios que se tomen, siempre es posible que se presente algún incendio y es entonces cuando se deben practicar sin demora, todos los conocimientos sobre equipos y materiales contraincendio y su empleo adecuado.

Los agentes extintores utilizados con mayor frecuencia son los siguientes:

- Agua.
- Espuma Química.
- Espuma Mecánica.

- Polvos Químicos.
- Polvo Químico A, B, C.
- Bióxido de Carbono.
- Nitrógeno
- Vapor de Agua.

a) Agua.

Con el fin de combatir incendios, el agua debe ser preferentemente dulce. Siendo uno de los materiales con mayor capacidad calorífica, es el preferido para atacar incendios por enfriamiento, puede ser empleada en forma de chorro para mayor penetración en cuerpos ardientes o para obtener mayor alcance, o bien en forma de niebla, para fuegos superficiales y para mayor absorción del calor. Los aditivos que disminuyen la tensión superficial del agua, incrementan mucho su efectividad al ser mayor la posibilidad de que penetre en el material ardiente.

b) Espuma Química.

Este es un producto más ligero que el agua, obtenido de la reacción química (de aquí su nombre) entre soluciones conocidas como "A" o sulfato de aluminio en agua al 13% y "B" o bicarbonato de sodio al 8%, con aproximadamente 3% de un agente estabilizador llamado crozús que da mayor resistencia a la espuma.

El anhídrido carbónico que se forma, queda atrapado por los otros productos de la reacción. La espuma formada es muy resistente al calor y a efectos mecánicos. Cuando las soluciones están recién preparadas y a una temperatura entre 15°C y 30°C, se obtiene un grado de expansión máximo de 1 a 10 sobre el volumen original de las soluciones. Las variaciones en temperatura y el tiempo de las soluciones producen un rendimiento más pobre en la espuma.

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

**c) Espuma Mecánica.**

Por su acción sobre un cuerpo en combustión, la espuma mecánica tiene prácticamente las mismas propiedades que la espuma química y por lo tanto, las mismas aplicaciones. Esta espuma es el resultado de mezclar agua con un "líquido espumante" y aire. El grado de expansión generalmente varía de 1:6 a 1:8.

El líquido espumante puede ser de distintas clases, clasificándose en dos grupos: del tipo protéico y del tipo sintético o no protéico.

El primero o tipo protéico, tiene como base polipéptidos de alto peso molecular, obtenido de la hidrólisis de proteínas animales o vegetales. Se emplean algunas sales polivalentes metálicas para aumentar la resistencia de la espuma al calor y a los efectos mecánicos. Este líquido protéico se encuentra comercialmente en dos concentraciones conocidas al 3% y 6%, por ser esta la proporción en que cada uno de ellos debe mezclarse con agua para obtener la solución adecuada para formar la espuma cuando se mezcla con el aire. Estos líquidos son los que producen espuma mecánica de baja expansión, que es la que puede sustituir a la espuma química por tener características similares.

El líquido espumante sintético o del tipo no protéico, es una mezcla de compuestos similares a los detergentes sintéticos, capaces de producir espuma en grandes cantidades, su grado de expansión puede ser hasta de 1:1000, esta es la espuma conocida como de alta expansión.

Los líquidos espumantes de este tipo, se utilizan con agua en proporciones variables, desde 2% a 6%, según el equipo utilizado para generar espuma, y el fin a que se destina la espuma.

Esta espuma mecánica de alta expansión difiere de la de baja expansión, así como de la espuma química, en que su aplicación como sofocante sobre líquidos inflamados no es recomendable, primero por su mínima resistencia física al calor y por su dificultad al fluir sobre los líquidos, además que por su ligereza, de existir un poco de viento puede arrastrarla fuera del lugar que se desea cubrir. En cambio para lugares cerrados tiene una eficiencia muy grande, aún para incendios de la Clase A con la ventaja de que su relativamente poca humedad, no daña en forma considerable a los materiales que no hayan sido afectados por el fuego, y de que una persona puede entrar en un recinto lleno de esta espuma sin equipo especial de respiración, siempre que rompa las burbujas delante de su cara, formándose un espacio libre de espuma.

Además de los tipos de líquidos espumantes antes mencionados, existen algunos destinados a aplicaciones específicas, como son

- El tipo alcohol, o sea el líquido espumante protéico especial para utilizarse en incendios de solventes polares como alcoholes, éteres o cetonas, la concentración de este producto es adecuada para utilizarse en mezclas al 6% con agua.
- El tipo de baja temperatura, es igual al protéico o de baja expansión, pero preparado con aditivos que le permiten resistir temperaturas hasta de 30°C sin surgir descomposición durante su almacenamiento.

#### d) Polvos Químicos

El más común de estos polvos, es el formado por la mezcla de bicarbonato de sodio, con algunos aditivos como esteáratos metálicos, fosfato cálcico, silicónes, etc., que le dan la facilidad de fluir y de prevenir la absorción de humedad.

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

Además del polvo base sódico antes mencionado, se emplean algunos otros, como el polvo químico seco potásico, formado principalmente por bicarbonato de potasio, que tiene aplicación en el combate de incendios Clases B y C y actúa bajo los mismos principios del polvo sódico, pero la efectividad de este polvo potásico es mucho mayor, llegando a ser considerado de un valor doble al del polvo sódico en su acción extintora.

#### e) Polvo Químico Seco A, B, C.

Es otro polvo utilizado que se distingue de los anteriores por ser aplicable en los incendios de las Clases A, B y C. En su composición, el fosfato monoamónico es el ingrediente principal, su efectividad es comparable a la del polvo sódico y se considera que actúa sobre principios similares a los de ese polvo, en el combate de incendios Clases B y C.

Para los incendios Clase D, existen algunos polvos especiales de uso específico y que no tienen una acción semejante a los anteriores; uno de ellos está formado principalmente por coque mezclado con un fosfato orgánico, otro de los

polvos es a base de cloruro de sodio con algunos aditivos como fosfato tricálcico y esteáratos metálicos.

f) **Bióxido de Carbono.**

Siendo un gas inerte, tiene amplias aplicaciones en el combate de incendios. Su acción es principalmente sofocante y enfriante. Se prefiere a otros productos en la protección contraincendio, especialmente en lugares cerrados, para equipo o material delicado que pudiera sufrir más daños por los efectos del agente extintor, que por el propio fuego, aún teniendo en cuenta que su efectividad es escasa, comparándola con otros agentes extintores. Generalmente se utiliza en forma líquida, en los recipientes destinados a combatir incendios.

En forma secundana, se emplea como medio impulsor de líquidos espumantes o de polvos químicos, especialmente en extintores de pequeña capacidad.

g) **Nitrógeno.**

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

h) **Vapor de Agua.**

Aunque reducido, tiene empleo como agente extintor por su acción sofocante, en lugares cerrados su efectividad es mayor. Es muy empleado en mangueras de vapor, para prevenir incendios que pudieran presentarse al existir pequeñas fugas de gases o líquidos inflamables, a sus temperaturas de ignición o muy cerca de ellas.

También se emplea para diluir en la atmósfera los gases que desfoguen y que pudieran acumularse en lugares con peligro de fuego o explosión.

## 2.4 EXTINTORES, CARACTERISTICAS Y PRINCIPIOS DE OPERACION.

### 2.4.1 Extintores.

El objeto de los extintores es proporcionar protección contra incendio a instalaciones que por su diseño o capacidad, puedan ser protegidas con tal equipo; o para el ataque de los conatos de incendio, como complemento de la protección fija o semifija, que requieran las instalaciones mayores.

Al seleccionar los extintores hay que escogerlos de acuerdo con la clase o clases de incendio que pudieran presentarse y con las limitaciones o ventajas de cada uno de ellos, considerando las características del lugar.

Deben existir en todas las áreas de proceso un número suficiente de extintores para apagar los incendios de materiales sólidos (Clase A), líquidos inflamables (Clase B), instalaciones eléctricas (Clase C) y metales combustibles (Clase D) que puedan preverse en condiciones normales.

Cuando existan instalados extintores suficientes para hacer frente a los incendios de Clase B, si los riesgos de la Clase A son moderados podrá reducirse a un 50% la cantidad adicional de extintores para la Clase A.

Se requieren extintores adecuados también para incendios de la Clase C, donde exista equipo eléctrico energizado que requiera un material extintor no conductor.

Los extintores adecuados para los incendios de Clase B no son aceptables para los incendios de la Clase A, a menos de que específicamente estén autorizados para ello por un laboratorio reconocido.

Se debe considerar como una unidad de riesgo para los fuegos de Clase A, a las superficies que aparecen a continuación:

RIESGOS	SUPERFICIE (m)
Bajo	250
Moderado	125
Alto	< 25

En el caso de fuegos de Clase B, se consideran como unidades de riesgo las siguientes superficies:

RIESGOS	SUPERFICIE (m)
Pasillos y Patios Salpicados	50
Áreas Inundadas	0.1

El número y la colocación de los extintores para riesgos de la Clase D se determinará, en cada caso, según la naturaleza y característica del riesgo.

Los extintores de mano se colocan de preferencia sobre columnas o muros, a una altura aproximada de 1.5 metros en su parte superior. Estos lugares se deben de pintar con una zona de color rojo bermellón que sobresalga, por lo menos 20 cm. a cada lado del extintor.

En virtud de que los incendios de líquidos volátiles es importante disponer de extintores de gran capacidad con velocidades altas de descarga, se debe tender a concentrar la capacidad de extinción empleando las unidades mayores que sea posible, satisfaciendo los requisitos que sobre distribución de los extintores se especifica a continuación:

- Los extintores destinados a combatir incendios de la Clase A, deben distribuirse de tal modo que la distancia máxima entre dos de ellos o entre cualquiera de ellos y los límites del área protegida, no sea superior a lo indicado a continuación:

RIESGOS	DISTANCIA ENTRE EXTINTORES (m)
Bajo	60
Moderado	30
Alto	< 20

- Los extintores destinados a combatir incendios de la Clase B, deben estar distribuidos de tal manera que la distancia entre dos de ellos o entre cualquiera de ellos y los límites del área protegida, no exceda de 30 metros.

- En aquellas áreas donde existan simultáneamente extintores diferentes para combatir incendios de las Clases A y B, las distancias entre los extintores destinados a combatir los fuegos Clase A, se pueden ampliar al doble.

Una vez satisfechos los requisitos estipulados en los tres párrafos anteriores, el resto del equipo contraincendio se debe concentrar en casetas. La distribución de estas se determina de acuerdo con los riesgos existentes, las vías de acceso disponibles y las facilidades de maniobra que existan.

#### 2.4.2 Clasificación de Extintores.

Al seleccionar los extintores hay que escogerlos de acuerdo con la clase o clases de incendio que pudieran presentarse. Por esta razón se debe consultar con personal especializado para instalar los extintores, ya que no solo es necesario tomar en cuenta la clase de incendio, su severidad de iniciación y rapidez de propagación, la intensidad del calor que puede desprender y las vías de acceso para su ataque, sino también hay que considerar la distribución y capacidad de cada uno de los equipos.

A continuación se indican las características generales de las principales clases de extinguidores que se enlistan en la Tabla 2.1.

##### a) Extinguidores de Agua.

Estos extinguidores se emplean para apagar incendios de la Clase A. Los tipos más comunes son los que se conocen con los nombres de agua a presión o presión contenida y agua con cartucho de presión. Los más frecuentes son los portátiles con capacidades de 9.5 lt. (2.5 gal).

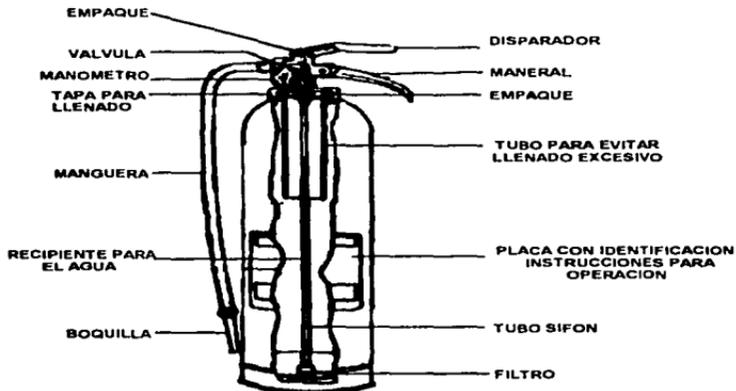
- Extinguidor de Agua del Tipo de Presión Contenida.

Es un recipiente que contiene agua y un fluido que sostiene la presión (aire o nitrógeno). En su parte superior se localiza una válvula de inyección, otra de salida y un manómetro. La válvula de inyección es por regla general del mismo tipo de las empleadas en las cámaras de los automóviles. La válvula de salida se localiza en el cabezal del aparato y se acciona al oprimir las dos secciones del maneral. En una de estas secciones se encuentra un seguro que consiste en un pasador con un anillo que impide que accidentalmente se accione el extinguidor. Además, tiene una carátula con sectores de colores diferentes para indicar si la presión existente dentro del aparato es la necesaria. Algunos de estos extinguidores están provistos de mangueras y otros solamente con boquillas de descarga (Figura 2.2).

TABLE No. 2.1 EXTINGUIDORES: RESUMEN DE CARACTERISTICAS, USOS Y MANTENIMIENTO.

CLASE Y CAPACIDAD NOMINAL DEL EXTINGUIDOR	POLVO QUIMICO SECO CARBONO 5.16 15 20 30 75, 100 lb	POLVO QUIMICO SECO SODICO 5.16 20 30 110 150, 150 lb	POLVO QUIMICO SECO POTASICO 5.16 20 30 110 150 350 lb	POLVO QUIMICO SECO A B C FOSFATO AMONICO 10 20 30 110 150, 300 lb	ESPUMA QUIMICA 2 1/2 10 GAL	ESPUMA MECANICA 2 1/2 10 GAL	AGUA 2 1/2 GAL	LIQUIDOS VAPORIZANTES 2 1/2 4, 6, 9	SODA Y ACIDO 2 1/2 GAL
TIPO DE CLASE "A" (PAPEL, MADERA, ALCOHOL, MATE, ETC)	FUEGOS MUY PEQUEÑOS Y SUPERFICIALES. APAGA SÓLO LA FLAMA. PERO DE LA BASE.	FUEGOS MUY PEQUEÑOS Y SUPERFICIALES. APAGA SÓLO LA FLAMA. PERO DE LA BASE.	FUEGOS MUY PEQUEÑOS Y SUPERFICIALES. APAGA SÓLO LA FLAMA. PERO DE LA BASE.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.
TIPO DE CLASE "B" (GAS LIQUIDOS INFLAMABLES GRASA SOLVENTE, ETC)	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.
TIPO DE CLASE "C" (CABLES ELECTRICOS, TRANSFORMADORES, MOTORES ELECTRICOS, ETC)	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.	EXCELENTE Y ACCION RETARDANTE DEL FUEGO. OBTIENE RESULTADOS SORPRENDENTES EN FUEGOS DE MUEBLES.
FORMA DE OPERAR (CON ALGUNAS EXCEPCIONES)	QUITE EL SEGURO Y AGUARDE EL DISPARADOR.								
ALCANCE (METROS)	14.3	15.4	15.4	15.4	24.5	24.5	9.1	12.4	8.1
TIPO DE MUELLO	PORTA MUELLO PARA SER USADO CON GAS.	PRENSION EN EL RECIPIENTE PARA RECIBIR GAS.	PRENSION EN EL RECIPIENTE PARA RECIBIR GAS.	PRENSION EN EL RECIPIENTE PARA RECIBIR GAS.	PRENSION EN EL RECIPIENTE PARA RECIBIR GAS.	PRENSION EN EL RECIPIENTE PARA RECIBIR GAS.	PRENSION EN EL RECIPIENTE PARA RECIBIR GAS.	PRENSION EN EL RECIPIENTE PARA RECIBIR GAS.	PRENSION EN EL RECIPIENTE PARA RECIBIR GAS.
TIEMPO DE DESCARGA	14.3 SEG	15.4 SEG	15.4 SEG	15.4 SEG	24.5 SEG	24.5 SEG	9.1 SEG	12.4 SEG	8.1 SEG
UNIDAD DE CAPACIDAD DE EXTINGUIMIENTO EN MINUTOS SU EQUIVALENTE	5.16 B.C. 15.4 B.C. 20.3 B.C. 30.1 B.C. 75.0 B.C. 100.0 B.C.								
MANTENIMIENTO	REVISAR ANO A ANO.	REVISAR ANO A ANO.	REVISAR ANO A ANO.	REVISAR ANO A ANO.	REVISAR ANO A ANO.	REVISAR ANO A ANO.	REVISAR ANO A ANO.	REVISAR ANO A ANO.	REVISAR ANO A ANO.

**FIG. 2.2.- EXTINGUIDOR DE AGUA DEL TIPO DE PRESION CONTENIDA DE 9.5 LT (2 1/2 GAL) DE CAPACIDAD.**



- **Extinguidor de Agua con Cartucho de Presión.**

Este aparato está diseñado para desarrollar la presión sobre el agua cuando se va a usar. Consta de dos cuerpos, el mayor que almacena el agua y un cilindro pequeño de metal que contiene el gas (bióxido de carbono) a presión. En la parte superior se localiza un botón que va conectado a una aguja, a ese conjunto se le llama "Percusor". Al ser golpeado con fuerza el botón, la aguja perfora el sello metálico que se encuentra en la parte superior del cartucho, liberándose así el gas a presión que expulsará el líquido. Existen aparatos provistos de mangueras, y otros solo con boquilla de descarga; en ambos casos, una vez iniciada la operación del extinguidor se vacía totalmente su contenido. Los hay de dos tipos: uno cuyo percusor se golpea con la mano para operar y otro en que es necesario invertir el extinguidor y golpear al percusor contra el suelo para ponerlo en operación (Figura 2.3).

- b) **Extinguidores de Soda y Acido.**

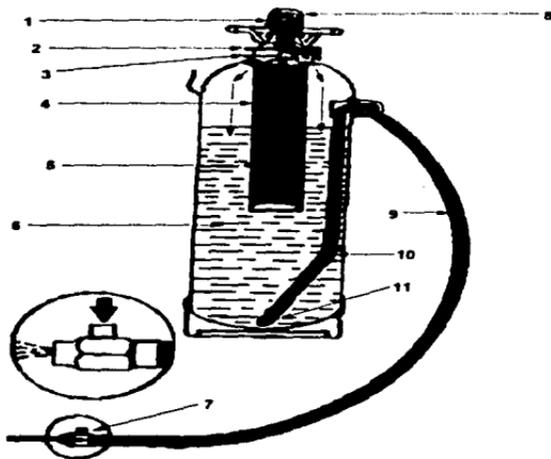
Estos aparatos se emplean para apagar fuegos de la Clase A. Esta clase de extinguidores operan todos a base del mismo principio, aunque existen varias capacidades, siendo el equipo manual de 9.5 lt. (2.5 gal.) el más usual.

El extinguidor de soda y ácido está diseñado para trabajar a presión durante su operación. Consta de dos cuerpos, el exterior que determina la capacidad del aparato, en el que se pone una solución de agua con bicarbonato de sodio, y el interior formado por una canastilla que soporta un recipiente con ácido sulfúrico.

Todos estos extinguidores vienen provistos con manguera de descarga. Al mezclarse la solución de bicarbonato con el ácido, la reacción química producida desprende bióxido de carbono en cantidad tal que se genera la suficiente presión para la expulsión del líquido.

Estos extinguidores pueden presentar serios problemas de corrosión cuando las proporciones de las cargas no son adecuadas, ya que al no neutralizarse totalmente el ácido con el bicarbonato, la solución que descarga el aparato puede dañar con más o menos intensidad todo lo que baña (Figura 2.4).

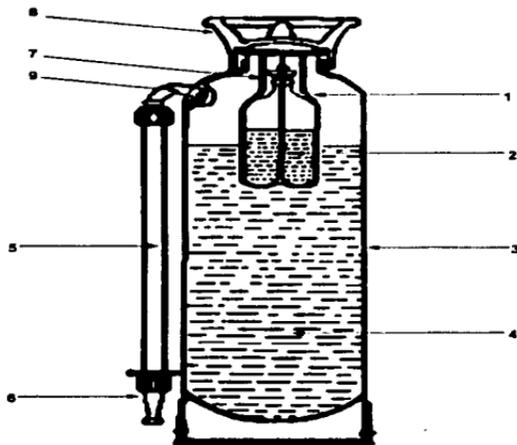
**FIG. 2.3.- EXTINGUIDOR DE AGUA 9.5 LT (2 1/2 GAL) DE CAPACIDAD CON CARTUJO A PRESION.**



- 1.- PERCUSOR
- 2.- AGUA
- 3.- SELLO
- 4.- CARTUCHO
- 5.- BIXIDO DE CARBONO
- 6.- AGUA

- 7.- BOQUILLA DE DESCARGA
- 8.- CAPUCHA DE SEGURIDAD
- 9.- MANGUERA
- 10.- TUBO SIFON
- 11.- FILTRO DE MALLA

**FIG. 2.4.- EXTINGUIDOR DE SODA Y ACIDO DE  
9.5 LT (2 1/2 GAL) DE CAPACIDAD.**



- 1.- CANASTILLA
- 2.- RECIPIENTE CON ACIDO SULFURICO
- 3.- CILINDRO
- 4.- SOLUCION DE AGUA-BICARBONATO DE SODIO
- 5.- MANGUERA
- 6.- BOQUILLA
- 7.- TAPON DEL RECIPIENTE DE ACIDO SULFURICO
- 8.- MANERAL
- 9.- FILTRO

c) **Extinguidor de Espuma Química.**

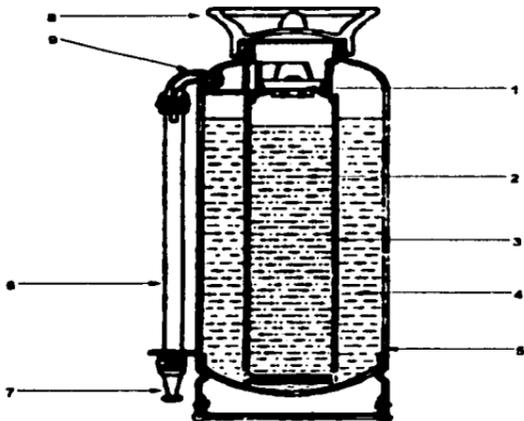
Estos aparatos se usan para apagar fuegos de las Clases A y B. De esta clase de extinguidores existen diferentes capacidades desde 4.75 lt. (1.25 gal.) (Figura 2.5) hasta el equipo montado sobre ruedas de 151 lt. (40 gal.) de capacidad (Figura 2.6). Los más usuales en la industria petrolera son los portátiles de 9.5 lt. (2.5 gal.) y los de 151 lt. (40 gal.), estos equipos están fabricados para trabajar a presión durante su operación. El cuerpo del extinguidor lleva una solución de bicarbonato de sodio (componente B) con un agente estabilizador (extracto de cruz), en el interior tiene un recipiente que contiene una solución de sulfato de aluminio (componente A). Al entrar en contacto las dos soluciones, reaccionan para producir la espuma, en su mayoría estos extinguidores están provistos de manguera para su descarga, sin embargo, existen algunos con boquilla de descarga.

d) **Extinguidores de Espuma Mecánica.**

Estos equipos se emplean para apagar los fuegos de las Clases A y B. Usualmente se encuentran en el mercado de 9.5, 38 y 151 lt (2.5, 10 y 40 gal.) de capacidad.

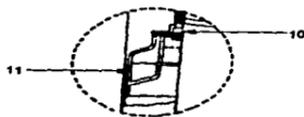
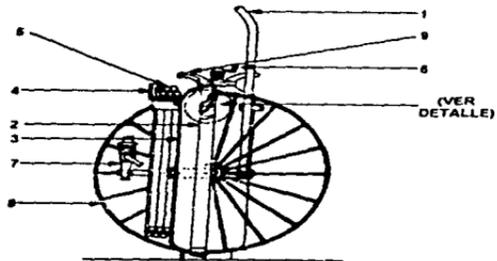
Los extinguidores de este tipo están compuestos fundamentalmente por un recipiente generalmente cilíndrico que contiene una solución formada por agua y un líquido protéico (3% ó 6%), además de un medio expulsante (nitrógeno, aire o dióxido de carbono) contenido en un cilindro o cápsula (que pueden estar dentro o fuera del recipiente). También este medio expulsante puede ser inyectado directamente para crear presión dentro del recipiente que almacena la solución. Estos extinguidores están dotados de una manguera y una boquilla espumadora, donde por efecto de succión se mezcla la solución líquido protéico-agua con el aire, formándose así la espuma (Figura 2.7).

**FIG. 2.5.- EXTINGUIDOR DE ESPUMA QUIMICA  
DE 9.5 LT (2 1/2 GAL) DE CAPACIDAD.**



- 1.- TAPA DEL RECIPIENTE INTERIOR
- 2.- SOLUCION "A" SULFATO DE ALUMINO
- 3.- RECIPIENTE INTERIOR
- 4.- SOLUCION "B" BICARBONATO DE SODIO
- 5.- CILINDRO
- 6.- MANGUERA
- 7.- BOQUILLA
- 8.- MANERAL
- 9.- FILTRO

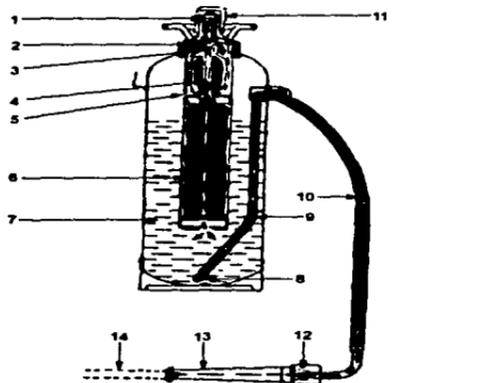
**FIG. 2.6.- EXTINGUIDOR DE ESPUMA QUIMICA  
DE 151 LT (40 GAL) DE CAPACIDAD.**



**DETALLE**

- |  |   |
|--|---|
| <b>1.- MANERAL</b>   | <b>6.- VALVULA</b>                        |
| <b>2.- RECIPIENTE INTERIOR (CON SOLUCION DE SULFATO DE ALUMINIO)</b> | <b>7.- BOQUILLA DE DESCARGA</b>           |
| <b>3.- CILINDRO (CON SOLUCION DE BICARBONATO DE SODIO)</b>           | <b>8.- RUEDA</b>                          |
| <b>4.- SOPORTE PARA LA MANGUERA</b>                                  | <b>9.- TAPA</b>                           |
| <b>5.- MANGUERA</b>  | <b>10.- TAPON DEL RECIPIENTE INTERIOR</b> |
|  | <b>11.- RECIPIENTE INTERIOR</b>           |

**FIG. 2.7.- EXTINGUIDOR DE ESPUMA MECANICA  
DE 9.5 LT (2 1/2 GAL) DE CAPACIDAD.**



1.- PERCUSOR

2.- AGUJA

3.- SELLO

4.- CAPSULA DE BIXIDO DE CARBONO

5.- CARTUCHO CON CAPSULA DE BIXIDO  
DE CARBONO Y LIQUIDO PROTEICO

6.- LIQUIDO PROTEICO (EN BOLSA DE  
PLASTICO)

7.- AGUA

8.- FILTRO DE MALLA

9.- TUBO SIFON

10.- MANGUERA

11.- CAPSULA DE SEGURIDAD

12.- ARTIFICIO PARA ENTRADA  
DE AIRE

13.- BOQUILLA ESPUMADORA

14.- ESPUMA

**e) Extinguidores de Bióxido de Carbono.**

Estos equipos se emplean para el ataque a incendios de las Clases B y C. Este tipo de extinguidor consta básicamente de un recipiente metálico de diseño especial para soportar la presión del bióxido de carbono de 56 a 63 Kg/cm<sup>2</sup> (800 a 900 psig), que se encuentra licuado en su interior a temperatura ambiente.

Al recipiente metálico suele denominarse "botella", y en su parte superior se localiza la válvula de descarga, que se acciona por medio de un gatillo, o bien oprimiendo las dos secciones que forman el maneral.

Cuentan además con una válvula de seguridad, que consiste generalmente de un sello metálico calculado para que se rompa cuando la presión suba a determinados límites; estos límites son variables, cada fabricante especifica los de su equipo. Algunos extinguidores de bióxido de carbono vienen provistos de conos de descarga llamados "cornetas" que se conectan a las válvulas de control por medio de un tubo, y en otros se tiene un cono acoplado directamente a las válvulas. En ambos casos, la finalidad es tener un elemento de control para la dirección de la descarga.

Todos tienen un seguro, el cual consiste de un pasador con argolla, para evitar que se accione accidentalmente la válvula de descarga. Se encuentran extinguidores desde 1 a 45 Kg (2 a 100 lb.) de capacidad (la capacidad se expresa por el peso del gas licuado). Las capacidades más usuales en el equipo manual son de 2.25, 4.5, 6.75 y 9 Kg (5, 10, 15 y 20 lb.) (Figura 2.8)

**f) Extinguidores de Polvo Químico Seco.**

Hay diferentes clases de polvo químico seco, los más usados en la industria son los elaborados a base de bicarbonato de sodio, de bicarbonato de potasio y de fosfato monoamónico.

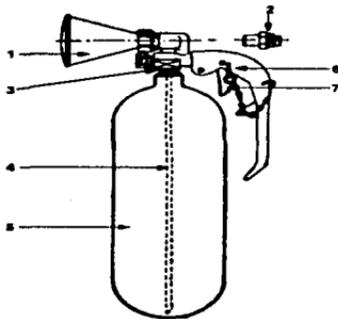
Los dos primeros se utilizan para combatir fuegos de las Clases B y C, y el último para apagar fuegos Clases A, B y C.

Existen dos tipos de extinguidores de polvo químico seco: uno de ellos conocido como extinguidor a presión o denominado también de presión contenida, y el otro llamado con cartucho a presión.

Se encuentran en el mercado extinguidores desde 0.45 Kg. (1 lb.) de capacidad hasta equipos sobre ruedas de 159 Kg. (350 lb.). Los equipos manuales más usuales son de 2.25, 4.5, 9.0 y 13.5 Kg (5, 10, 20 y 30 lb.).

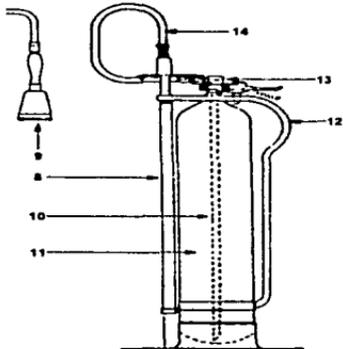
**FIG. 2.8.- EXTINGUIDOR DE BIOXIDO DE CARBONO  
DE 4.5 KG (10 LB) Y DE 9 KG (20 LB).**

**EXTINGUIDOR DE 4.5 KG (10 LB)**



- 1.- CORNETA DE DESCARGA TIPO NIEBLA
- 2.- BOQUILLA DE DESCARGA
- 3.- VALVULA DE DESCARGA, TIPO CIERRE INSTANTANEO
- 4.- TUBO SIFON
- 5.- CILINDRO DE BIOXIDO DE CARBONO
- 6.- SEGURO
- 7.- DISPARADOR DE LA VALVULA DE DESCARGA

**EXTINGUIDOR DE 9 KG (20 LB)**



- 8.- CORNETA DE DESCARGA TIPO CHIFLON
- 9.- CORNETA DE DESCARGA TIPO NIEBLA
- 10.- TUBO SIFON
- 11.- CILINDRO DE BIOXIDO DE CARBONO
- 12.- MANERAL
- 13.- VALVULA
- 14.- MANGUERA

- **Extinguidores de Polvo Químico Seco del Tipo Presión Contenida**

Estos aparatos son llamados así porque el polvo se encuentra bajo la presión del gas de expulsión, ambos almacenados en el recipiente del extinguidor, este equipo cuenta además con un manómetro que indica si el aparato tiene la presión adecuada para su operación y una válvula de descarga que se acciona al oprimir las dos secciones del maneral. Generalmente están provistos de una manguera con su boquilla, para dirigir el chorro de descarga, así como también con un seguro para evitar que se opere accidentalmente la válvula de descarga (Figura 2 9).

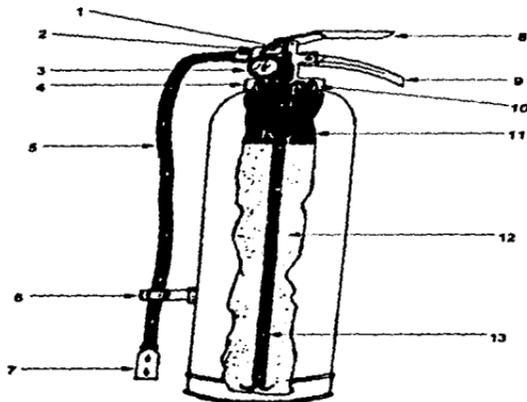
- **Extinguidor de Polvo Químico Seco con Cartucho de Presión**

Consta de dos cuerpos metálicos, el mayor almacena el polvo y el menor es un cilindro que contiene dióxido de carbono a presión, generalmente para accionar el cartucho a presión se utiliza una válvula de tornillo o un percusor que perfora el sello, que está colocado en la parte superior del cartucho, en ambos casos se coloca un seguro para evitar que accidentalmente se accione el extinguidor. Al liberarse la presión del cartucho, pasa al cuerpo grande en donde se encuentra el polvo, y la salida de este se controla por medio de la válvula instalada en la manguera (Figura 2 10).

- p) **Extinguidores de Líquido Vaponzante**

Estos equipos se utilizan para apagar fuegos de las Clases B y C. Los extinguidores de líquido vaponzante se fabrican del tipo en los que el líquido es expulsado por un gas o aire a presión contenido dentro del mismo extinguidor. Los líquidos vaponzantes no son conductores eléctricos y están constituidos por tetracloruro de carbono, clorobromometano, bromotrifluorometano u otros derivados químicos semejantes. Al dirigir el chorro de estos líquidos a la base de las llamas, se evaporan formando una nube de gases más pesados que el aire que sofocan la combustión. Algunos extinguidores de esta clase consisten fundamentalmente en un recipiente frágil que se arroja con la mano sobre el fuego. Generalmente se utilizan de las siguientes capacidades: 0.90, 1.15, 1.82 y 4.1 Kg. (2, 2.5, 4 y 9 lb) (Figura 2.11).

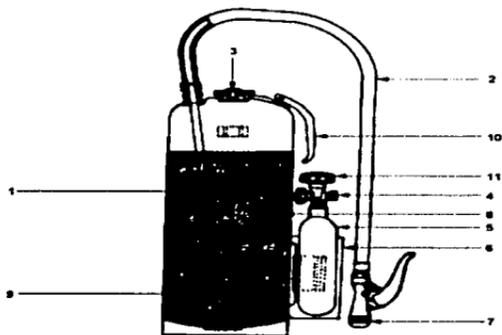
**FIG. 29.- EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO SECO DE PRESIO  
CONTENIDA DE 9 KG (20 LB) DE CAPACIDAD.**



- 1.- EMPAQUE
- 2.- VALVULA
- 3.- MANOMETRO
- 4.- TAPA PARA LLENADO
- 5.- MANGUERA
- 6.- SOPORTE
- 7.- BOQUILLA

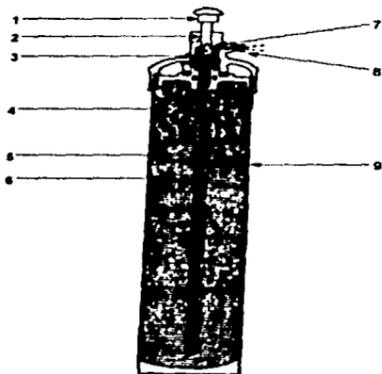
- 8.- DISPARADOR
- 9.- MANERAL
- 10.- EMPAQUE
- 11.- NITROGENO
- 12.- POLVO QUIMICO SECO
- 13.- TUBO SIFON

**FIG. 2.10.- EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO SECO DE 9 KG (20 LB)  
DE CAPACIDAD CON CARTUCHO EXTERIOR.**



- 1.- RECIPIENTE PARA EL POLVO QUIMICO SECO
- 2.- MANGUERA
- 3.- TAPA PARA LLENADO, CON VALVULA DE SEGURIDAD
- 4.- VALVULA DE SEGURIDAD
- 5.- CILINDRO CON BIXIDO DE CARBONO O NITROGENO
- 6.- SOPORTE PARA EL CILINDRO DE BIXIDO DE CARBONO O NITROGENO
- 7.- BOQUILLA DE DESCARGA
- 8.- TUBO DE ALIMENTACION DEL BIXIDO DE CARBONO
- 9.- TUBO SIFON
- 10.- MANERAL
- 11.- VALVULA DE TORNILLO DEL CILINDRO DE GAS

**FIG. 2.11.- EXTINGUIDOR DE LIQUIDO VAPORIZANTE  
DE 1 LT (1/4 GAL) DE CAPACIDAD.**



- 1.- PERCUSOR
- 2.- AGUJA
- 3.- SELLO
- 4.- VAPOR DE BIXIDO DE CARBONO
- 5.- TETRAFLORURO DE CARBONO
- 6.- TUBO SIFON
- 7.- SEGURO
- 8.- BOQUILLA DE DESCARGA
- 9.- CILINDRO

## CAPITULO III

### EL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR

El agua es uno de los agentes extintores más comúnmente empleados para atacar o prevenir el fuego. Debido a la naturaleza de sus propiedades, lo hacen uno de los agentes más apropiados para la extinción de ciertos tipos de incendios.

El agua es el líquido fundamental, cubre las tres cuartas partes de la superficie de la tierra y constituye el 60% del peso de nuestro cuerpo y su vapor se difunde a la atmósfera.

Debido a su naturaleza al agua se le considera con frecuencia un líquido inerte. Sin embargo, el agua es una sustancia de gran reaccionabilidad, con propiedades poco frecuentes que la diferencian mucho, tanto física como químicamente, de la mayoría de los líquidos corrientes.

Cuando se compara con otros líquidos comunes, se observa que posee elevados puntos de fusión, ebullición, calor específico, calor de fusión, tensión superficial, humectación y capilaridad.

#### 3.1 PROPIEDADES DEL AGUA

##### 3.1.1 Propiedades Físicas y Químicas.

Las propiedades más notables con las que cuenta el agua están basadas en sus características físicas y químicas, como son la capacidad calorífica, tensión superficial, densidad, etc. que ayudan a la extinción o prevención del fuego. Entre las cuales se encuentran las siguientes:

Peso molecular	18.016
Punto de congelación	0°C
Punto de ebullición	100°C (a 1 atm )
Densidad	0.998 a 1.0 gr/lit (a 20 °C)
Calor de fusión	1.44 Kcal/mol
Calor de vaporización	540 cal/gr
Tensión superficial	72.8 ergios/cm <sup>2</sup>

### 3.1.2 Capacidad Calorífica Molar.

Se define como la cantidad de energía calorífica requerida para elevar la temperatura de una mol de sustancia 1°C. La capacidad calorífica para el agua es de 17.996 cal/° mol.

Las propiedades de absorción de calor de las sustancias a base del peso se miden en términos de calor específico. El calor específico se define como la cantidad de energía calorífica requerida para elevar la temperatura de 1.0 g de sustancia 1°C.

La relación entre el calor específico y la capacidad calorífica molar es:

Capacidad calorífica molar = calor específico x peso molecular.

El calor específico del agua es 1.0 cal/g ° (a 15°C).

Debido a su capacidad calorífica, el agua absorbe más energía calorífica por grado, que la mayoría de las sustancias que pueden combatir el fuego, de aquí su amplio uso como enfriador.

### 3.1.3 Punto de Ebullición y Fusión.

A una atmósfera de presión a nivel del mar, el agua hierve a 100°C y se funde a 0°C; en la Cd. de México hierve a 92.5°C por tener una mayor altitud (2274 m. sobre el nivel del mar) y por lo tanto una menor presión atmosférica.

Si la temperatura de un líquido se eleva lo suficiente, no hay fuerza que evite que las moléculas se separen violentamente; así se convierten en gas. Si la temperatura desciende, las moléculas se dispondrán en alineación rígida, de modo que no podrán resbalar unas sobre las otras, así el líquido se convierte en sólido.

Las fuerzas de Van der Waals y los enlaces de hidrógeno son los principales responsables de los puntos de congelación y ebullición inesperadamente elevados. En el caso que no existieran este tipo de enlaces, el agua en condiciones naturales y a temperatura ambiente se encontraría en estado gaseoso.

### 3.1.4 Tensión Superficial.

La tensión superficial es una medida de la potencia de las fuerzas intermoleculares en un líquido. Se define como el trabajo necesario para expandir la superficie de un líquido por unidad de área.

Es la propiedad por la cual el agua se comporta como si estuviese cubierta por una membrana elástica invisible que quisiera contraerse contra el líquido, reduciendo todo lo posible el área superficial. La tensión superficial del agua es de 72.8 ergios/cm<sup>2</sup>.

La tensión superficial se debe a la atracción eléctrica mutua entre las moléculas superficiales y las que se encuentran debajo de estas.

### 3.1.5 Humectación y Capilaridad.

Considerando la fuerte atracción molecular que crea la tensión superficial en el agua, existe otra atracción aún más poderosa hacia las moléculas del exterior, como son las del sólido junto al que se encuentra. Esta tendencia determina dos fenómenos líquidos de gran importancia: humectación y capilaridad.

La humectación es la facultad de adherirse a una superficie sólida, cubriéndola y mojándola por completo. La capilaridad es la afinidad del agua por las moléculas extrañas; por ejemplo, un trozo de tubo sumergido en una parte en el agua, proporciona una gran superficie para que las moléculas del agua suban por el interior, a medida que el agua va subiendo la tensión superficial intenta aplanarla, lo cual permite que el agua de los lados del tubo suba aún a mayor altura.

### 3.1.6 Propiedades Disolventes del Agua.

El agua disuelve o dispersa muchas sustancias principalmente inorgánicas gracias a su naturaleza dipolar, es denominado el disolvente universal, disuelve mucho mejor que la mayor parte de los líquidos.

Muchas sales cristalizadas y otros compuestos iónicos se disuelven con facilidad en el agua, pero son casi insolubles en disolventes no polares, tales como cloroformo o benceno.

Otra clase de sustancias que se disuelven en el agua con facilidad, son los compuestos no iónicos pero de carácter polar, tales como azúcares, alcoholes sencillos, aldéhdos y cetonas

## 3.2 USOS Y LIMITACIONES

### 3.2.1 Usos

De acuerdo a su naturaleza, el agua es un compuesto estable, lo cual permite que pueda ser almacenada por largos periodos de tiempo sin que sufra alguna alteración y sin que provoque alguna consecuencia en las redes de agua contraincendio, esto último dependiendo únicamente del tipo de agua a emplear

Cuando el agua se convierte de líquido a vapor, su volumen a presión atmosférica se incrementa cerca de 1,600 veces. Este gran volumen de agua en forma de vapor saturado (vapor que se encuentra en equilibrio con su líquido a una temperatura) desplaza un volumen igual al del aire alrededor del fuego, así al reducir el volumen de aire disponible se suspende la combustión

El agua es el elemento que se encuentra en gran cantidad en la naturaleza. Se puede disponer con mayor facilidad que cualquier otro elemento, ya que para prevenir o evitar incendios no se requiere que el agua sea de buena calidad. Esto es debido a que dependiendo del lugar en que se ubique la planta a proteger o de la fuente de alimentación del agua, esta se puede utilizar. Además el agua es recomendable para combatir incendios de la Clase A y para prevenir incendios de la Clase B.

La aplicación del agua en forma de hielo o nieve proporciona mejor efecto enfriante que el agua líquida, debido a que la energía del fuego convierte el hielo o nieve a agua, y posteriormente se necesita mayor energía adicional para convertir el agua en vapor.

Un incendio puede extinguirse únicamente si un agente efectivo es aplicado al punto donde la combustión ocurre. Por cientos de años, el método principal de extinción ha sido dirigir directamente una corriente de agua a la base del fuego y este método es usado actualmente. Un método más eficiente es aplicar agua en forma de rocío, lo cual incrementa el efecto enfriante y la conversión de agua a vapor.

El agua puede ser usada en forma de rocío para cualquiera de los propósitos o combinaciones siguientes:

- a) Extinción del fuego.
- b) Control del incendio.
- c) Protección a la exposición.
- d) Prevención del fuego.

Estas formas de extinción serán detalladas en el capítulo IV del presente trabajo.

En general, los usos del agua en el combate de incendios relacionados con productos derivados del petróleo pueden resumirse como sigue.

- a) Como agente enfriador, en donde el agua se usa para:
  - Cortar el relieve de vapores en la superficie de un aceite con alto punto de inflamación y conseguir así la extinción del fuego.
  - Combatir el incendio de las flamas y el calor radiante, en lo que se cierran las válvulas de bloqueo o se hacen los arreglos necesarios para impedir el suministro de combustible.
  - Proteger las superficies expuestas al fuego, en este caso es más efectivo cuando la superficie se encuentra por arriba de 100°C.
- b) Como una herramienta mecánica, una corriente de agua puede trabajar a distancia para:
  - Controlar una grieta.
  - Mover el flujo del líquido para prevenir su ignición, o bien desplazar el incendio a otra área donde provoque menos daño.
- c) Como un medio de desplazamiento, el agua se puede usar para:
  - Flotar el aceite por arriba de una grieta en un tanque, antes o durante un incendio.

- Cortar el aceite por el bombeo de este hacia una tubería de escape adelante de una fuga.

### 3.2.2 Limitaciones.

En tanto que el agua es generalmente un agente universal extintor, existen ciertas limitaciones y precauciones que se deben observar cuando se aplican en algunos materiales quemándose, que reaccionen químicamente o exploten en contacto con el agua. Por lo tanto, la acción mecánica de usar agua se debe monitorear cuidadosamente para no crear condiciones que intensifiquen el peligro, más que controlarlo.

Las siguientes recomendaciones son una guía sobre el uso del agua en diferentes materiales que puedan presentar problemas si el agua se usa indiscriminadamente como un agente extintor.

#### a) Riesgos Químicos.

Como regla general, el agua no debe usarse con ciertos materiales, tales como carburos, peróxidos, etc., debido a que la reacción puede generar gases inflamables y calor. Cuando se mojan ciertos materiales, como la cal, producirá calor espontáneamente y si el calor no puede disiparse en un tiempo moderado se convertirá en un incendio.

#### b) Metales Combustibles.

El agua no debe ser utilizada en incendios que involucren metales combustibles, tales como el magnesio, titanio, sodio metálico, etc., o en metales que son combustibles bajo ciertas condiciones, como calcio, zinc y aluminio.

#### c) Metales Radioactivos.

El agua no debe usarse continuamente en metales radioactivos. Los requerimientos de protección por fuego para metales radioactivos consisten generalmente en sus contrapartes no radioactivos (para todos los propósitos prácticos, la radioactividad no influye ni es influenciado por las propiedades del

fuego en un metal). El control del agua de desecho contaminado es un factor complicado para su utilización en incendios con metales radioactivos.

**d) Incendios por Gas**

El agua usada en una emergencia de incendios con gas, es utilizada para el control del calor mientras se realizan los esfuerzos adecuados para el corte o paro del flujo de gas escapado. El agua en forma de rocío se aplica en líneas de mangueras, boquillas de monitores o por sistemas de aspersión de agua, las cuales son usadas para la dispersión o dilución de la concentración de gases inflamables.

**e) Incendios por Líquidos Combustibles e Inflamables**

El aceite pesado, aceite lubricante, asfalto y otros líquidos con altos puntos de flash, no producen vapores inflamables a menos que se calienten. Una vez iniciada la ignición, el calor puede causar vaporización para el quemado continuo. Si el agua en forma de rocío se aplica a la superficie de estos líquidos, el enfriamiento disminuirá la vaporización y posiblemente extinguirá el incendio.

### **3.3 SUMINISTRO DE AGUA CONTRA INCENDIO.**

#### **3.3.1 Fuentes de Abastecimiento.**

Para controlar un incendio es necesario que las instalaciones a proteger cuenten con alguna fuente de agua cercana, en donde puedan alimentarse fácilmente, con un volumen tal que pueda satisfacer las necesidades de demanda en caso de emergencia, debiendo garantizar que se tendrá esta en la cantidad, presión y con el tiempo suficiente para que operen simultáneamente todos los sistemas necesarios para combatir el incendio del riesgo mayor.

Estas fuentes de abastecimiento de agua, se clasifican en primarias y secundarias.

**a) Fuentes Primarias de Abastecimiento.**

Es la fuente de abastecimiento que es exclusiva para el sistema de agua contra incendio. Estas corrientes de agua se toman de la naturaleza, o bien de

una toma de agua; tal como ríos, lagos, fuentes naturales, pozos o servicios municipales.

La disponibilidad y confiabilidad de estos tipos de fuentes, dependen de las épocas del año en periodos secos y húmedos. En ciertas épocas del año, existen grandes corrientes de agua, lo cual resulta en altos niveles de agua en ríos, lagos, lagunas, etc., y por lo tanto en menores requerimientos de bombeo. En otras ocasiones, bajo condiciones de sequía, el nivel de agua es bajo en los depósitos requiriéndose la instalación de bombas succionando directamente de algún depósito cercano a estas fuentes.

#### **b) Fuentes Secundarias de Abastecimiento**

Es la fuente de abastecimiento que no es exclusiva para agua contraincendio, sino que su utilización es otra; por ejemplo, agua de servicios, agua tratada, agua de enfriamiento, etc. Es el agua almacenada en recipientes, tanques elevados o cisternas.

Si no existe disponibilidad de hidrantes en la red de agua contraincendio, un camino para asegurar la cantidad de agua requerida para combatir un incendio es almacenarla en tanques o cisternas donde los hidrantes normalmente serán instalados. Así el personal de seguridad podrá bombear el agua a través de una conexión de manguera al tanque.

Debido a que muchas industrias petroquímicas son localizadas cerca de fuentes de agua naturales, se puede considerar garantizada la disponibilidad del agua contraincendio en las instalaciones. Pero también algunas industrias están localizadas en áreas urbanas, donde la falta de agua es continua y sino se previene este evento se estaría poniendo en peligro a las instalaciones y a la comunidad.

La localización, evaluación de riesgos y topografía del terreno en donde se instale la red de distribución de agua y el equipo contraincendio, se deben considerar para la selección del tipo de fuente de suministro y almacenamiento de agua en cada caso en especial.

Si la red de distribución de agua contraincendio 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 como fuente secundaria.

Si la red de distribución de agua contraincendio esta situada cerca del rio, mar, lago, laguna o lugar similar, se debe considerar a esta como fuente primaria y una sistema o tanque de almacenamiento, como fuente secundaria. Esta última debe contar con un sistema de bombeo apropiado

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

Cuando la red de agua municipal de algún lugar se pueda aprovechar, esta no debe considerarse como almacenamiento la cantidad que las autoridades juzguen conveniente para los casos de emergencia.

Todas las instalaciones deben contar con sistemas de bombeo que suministren la presión y gastos requeridos de acuerdo a las necesidades y contra el riesgo mayor en cada caso, y en donde el terreno tenga fuerte desnivel, se puede instalar en la parte superior una cisterna o un tanque vertical que cubra las necesidades para el servicio de agua contraincendio, en caso de emergencia, debiendo contar el tanque o cisterna con un indicador de nivel.

### 3.3.2 Almacenamiento de Agua

Las instalaciones de almacenamiento de agua incluyen a todos los cuerpos de agua disponibles como fuentes de suministro, ya sea por diques construidos o naturales. Los tanques elevados o a nivel de piso de metal, madera o plástico son ejemplos de instalaciones de almacenamiento construidos; ríos, lagos, lagunas y estanques son ejemplos de instalaciones de almacenamiento naturales.

Las fuentes abiertas de agua, como los depósitos creados por corrientes de desecho, son usados algunas veces en protección privada de incendios complementando el suministro de agua pública o alimentar la fuente primaria de agua si el suministro público es insuficiente en volumen, presión o si existe escasez. Un método común es el uso de tanques de almacenamiento elevados o tanques a nivel de piso con succión a bombas. Los tanques a presión con capacidad limitada se pueden usar para complementar los requerimientos de agua pequeños.

Debido al uso de sistemas hidráulicos con rociadores, los tanques elevados para protección contraincendio son menos utilizados actualmente, sin embargo el uso de tanques con sistemas de bombeo se ha ido incrementando.

Es mejor no usar los tanques de contraincendio para cualquier otro propósito diferente, ya que estos tanques deben ser llenados frecuentemente y pueden acumular grandes cantidades de sedimentos. Cuando el agua es succionada del tanque, los sedimentos son conducidos al sistema extintor y lo pueden bloquear.

Otras consideraciones importantes se deben tomar en cuenta en el uso de los tanques para operaciones duales. Estos tanques raras veces se encuentran llenos, debido al consumo industrial constante, además, el nivel normal del agua puede disminuir dependiendo del crecimiento de la planta industrial. Si el fuego se presenta después de varios años de la instalación del tanque, puede que la presión y el nivel sea insuficiente. Para evitar este problema, se recomienda que el nivel de agua para uso industrial sea adicional al nivel de agua dedicado al combate del incendio.

Los tanques deben ser localizados cerca de las bombas, para minimizar el recorrido de la tubería de succión. Estos tanques deberán ser localizados donde no sean expuestos al fuego, ni cercanos a áreas de almacenamiento de combustibles inflamables.

Actualmente no es económico instalar un tanque por gravedad muy grande y alto que pueda ser conectado directamente al sistema de protección contraincendio y suministrar el agua a la presión requerida a hidrantes y a sistemas de extinción automáticos. Debido a los requerimientos de presión y a la capacidad limitada, un tanque elevado de 30,000 gal. (110 m<sup>3</sup>) tendría que estar elevado al menos 75 ft. (23 m.) para el suministro de agua a los sistemas contraincendio. Por lo anterior, y debido al incremento de los requerimientos de agua, es más económico utilizar tanques y bombas que un tanque por gravedad o combinado con bombas reforzadoras.

### 3.3.3 Condiciones de Diseño.

#### a) Capacidad de la Fuente Primaria.

La capacidad de la fuente primaria debe determinarse en función del gasto máximo requerido para el riesgo mayor que se tenga en la instalación que se va a proteger y el tiempo durante el cual el agua debe ser aplicada.

La fuente primaria debe tener la capacidad suficiente para asegurar un suministro continuo. Por esta razón, es recomendable que en las instalaciones de proceso dicha fuente sea capaz de suministrar el 150% del gasto necesario

para satisfacer el riesgo mayor de la instalación durante un periodo de 8 horas mínimo.

En el caso de tener grandes áreas con equipos protegidos con varios sistemas independientes y no sea indispensable que todos los sistemas funcionen simultáneamente, entonces será conveniente estudiar cual combinación de sistemas adyacentes se necesitará operar a fin de tener la protección requerida, determinando el máximo gasto de agua de todas las posibles condiciones

#### **b) Capacidad de la Fuente Secundaria**

La fuente secundaria debe ser capaz de mantener el gasto necesario en caso de incendio. En general, la capacidad de almacenamiento depende de la extensión, localización y peligrosidad del área por proteger.

En lugares donde no se tienen líquidos inflamables o materiales combustibles que produzcan fuego persistente, la capacidad de almacenamiento debe ser suficiente para que la bomba o bombas funcionen durante 30 minutos sin interrupción con el gasto máximo previsible en cada caso de incendio.

Para áreas de instalaciones industriales y de productos inflamables, la capacidad de almacenamiento de agua contra incendio debe ser suficiente para que la bomba o bombas funcionen ininterrumpidamente durante un periodo de 4 a 6 horas, de acuerdo con el gasto máximo previsible según los riesgos que se tengan. Probablemente todo el fuego será extinguido o controlado en este intervalo de tiempo, a excepción de que ocurra una catástrofe

En otras instalaciones se debe cumplir con lo establecido en las normas de seguridad aplicables. Puede utilizarse agua contenida de las torres de enfriamiento, plantas de tratamiento, etc., pero este volumen no debe considerarse como almacenamiento de la fuente secundaria

Los tanques de almacenamiento de agua contra incendio deben destinarse exclusivamente a este servicio y deben estar llenos a cualquier hora. Un sistema que garantiza lo anterior es a través de una bomba descargando agua directamente al tanque, esta bomba deberá ser alimentada de un pozo o de la red de agua municipal, a un sobreflujo determinado con el fin de cubrir los requerimientos de agua de proceso que se pueda requerir en otras secciones de las instalaciones.

Con lo anterior no solo se asegura que el tanque permanezca lleno, sino también proporcionar un flujo continuo. De hecho, se debe evitar la interrupción de todo o de algunas partes del flujo de agua de proceso durante un fuego.

Los detalles en el diseño mecánico de los tanques de agua contraincendio de cualquier variedad se describen en el código National Fire Protection Association (NFPA No.22). Una instalación completa de un tanque incluye las conexiones necesarias de tubería, válvulas de bloqueo y accesorios para facilitar su operación y mantenimiento, entre las cuales se recomiendan las siguientes:

- Instalar un indicador de nivel de diseño apropiado, ya sea tipo cinta o un vidrio de nivel. Adicionalmente se pueden instalar alarmas por alto y bajo nivel, que prevengan al personal del nivel contenido dentro del tanque.
- Localizar una tubería por sobreflujo en la cima del tanque, la cual no deberá ser menor a 3 pulg. de diámetro. Esto con la finalidad de evitar sobrellenar el tanque, en caso de algún problema en la alimentación de agua.
- El tanque deber tener un serpentín de vapor para protección al congelamiento en climas helados.
- Se debe considerar protección a la corrosión, algunos tipos de agua contienen alto contenido de oxígeno, por lo que son muy corrosivos.

Puede usarse protección catódica en lugar de pintura, para prevenir la corrosión interna en la superficie húmeda del tanque. Otras superficies interiores deberán ser pintadas.

La corrosión interna es causada por la corriente galvánica que fluye de numerosas áreas anódicas de la pared del tanque, a través del agua hacia áreas catódicas adyacentes. La protección catódica contrarresta este proceso, pasando suficiente corriente directa de una fuente externa (ánodos suspendidos en el agua) a la pared del tanque para mantener toda la superficie húmeda con un potencial negativo. La corriente directa de bajo voltaje es suministrada por un rectificador. La lectura de amperímetros y voltímetros permite determinar si el sistema eléctrico funciona adecuadamente.

Los ánodos de aluminio son comunes, los cuales requieren renovarse anualmente. En tanques sin calentamiento, en climas fríos, el hielo puede dañar los ánodos. Para tanques calentados, son usados los ánodos de alambre de

platino fino (los cuales no son deteriorados por la corriente eléctrica), pero tienen un costo mayor que los ánodos de aluminio

#### **c) Calidad del Agua**

Los suministros de agua que contengan sales o materiales análogos que afecten los sistemas de protección contraincendio, deben evitarse en todo lo posible, de preferencia se debe utilizar agua limpia y dulce. Si no existe abastecimiento de agua dulce, es aceptable el uso de cualquier tipo de agua libre de hidrocarburos

Esta agua no debe emplearse para alimentar otras líneas que no sean la red contraincendio. En las instalaciones con sistemas de aspersión, siempre debe usarse agua limpia y dulce, libre de sedimentos y materiales extraños

En caso de utilizar agua salada, se debe efectuar un cálculo que permita determinar el espesor total de la pared del tubo, ya sea aplicando tolerancias para la corrosión para acero al carbón o la utilización de otros materiales. También se pueden utilizar compuestos químicos que puedan inhibir la corrosión durante largo tiempo, además si la fuente de agua contiene materia orgánica, se debe considerar el suministro de algún agente conteniendo cloro, como el hipoclorito de sodio, con el fin de eliminar la materia orgánica viva

### **3.4 MEDIOS DE APLICACION DEL AGUA**

#### **3.4.1 Manguera**

Las mangueras se definen como tubos flexibles de hule natural o sintético con forro, en uno de sus extremos está provista de una boquilla para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de neblina, en el otro con una conexión roscada.

Las mangueras deben ser de 2 1/2 pulg. ó 1 1/2 pulg., con forro interior de hule natural y/o sintético y cubiertas de algodón o de fibra sintética aprobada por un laboratorio reconocido. La cubierta debe ser uniforme y libre de arrugas, irregularidades o imperfecciones; en caso de tener costura debe ser vulcanizada. El forro interior puede estar fabricado de tela impregnada del material plástico. Las mangueras deben estar provistas de dos conexiones de bronce en los extremos con cuerdas NSHT (National Standard Hose Thread).

Las mangueras deben mantenerse limpias y secas. Se deben guardar enrolladas o dobladas, y en cada ocasión procurar que los dobleces no coincidan con el doblez interior. Después de usarlas deben secarse en forma adecuada. En aquellos casos en que la cubierta se impregne de aceite, grasa, etc., se debe lavar con agua y jabón o detergentes y ser secadas a continuación. Deben almacenarse en lugares ventilados para evitar la formación de moho.

Las cuerdas de las conexiones deben revisarse periódicamente y mantenerse en buen estado, desechándose cuando no se puedan arreglar. Lo mismo se tiene que hacer con las cuerdas de los hidrantes y en general de todo el equipo. Se debe evitar engrasar las conexiones.

Se deben tener en existencia adaptadores, en aquellos casos en que las tomas de servicio tengan distinto tipo de cuerda en sus hidrantes y mangueras.

Las mangueras deben haber pasado una prueba hidrostática inicial a 400 psig, realizada en forma adecuada. Posteriormente deben ser probadas hidrostáticamente, por lo menos una vez al año a 1,250 psig. La presión se debe mantener de 3 a 5 minutos, comprobándose que no haya fugas, que la cubierta no sufra ningún daño y que las conexiones no tiendan a zafarse, en cuyo caso deben repararse adecuadamente y volverse a probar.

Las mangueras contraincendio se tienen que tener enrolladas en los carros de mangueras, dentro de las casetas y estaciones contraincendio, o bien dobladas o enrolladas en los equipos móviles.

Las mangueras de succión para las bombas pueden ser rígidas o no serlo, pero en todo caso deben tener forro interior de hule con las características ordinarias, según las necesidades lo aconsejen. Las conexiones de estas mangueras estarán provistas también de cuerdas NSHT; se usan de los diámetros que resulten más indicados. La manguera de buena calidad es cara y se debe hacer todo lo posible para que no se dañe o se eche a perder.

Las causas principales de deterioro y daño de las mangueras contraincendio son:

a) Enmohecimiento (musgos).

El moho o los musgos son resultado de que la manguera quedó mojada o húmeda después de haber sido utilizada. Por lo tanto, antes de volver a enrollarla y guardarla, se ha de secar totalmente para impedir que el moho pudra las fibras del tramado de algodón.

**b) Quemaduras por acción de ácidos.**

Las quemaduras por ácido tienen su origen en el ácido de baterías o acumuladores, en el ácido de extintores y también por el agua que se ha quedado en un tramo que gotea encima de otro. Esto es, si dentro de un tramo de manguera queda agua por espacio de unos pocos días, esta agua se combina con el azufre del revestimiento de hule, formando ácido sulfúrico; si este gotea y entra en contacto con el tramado textil de la manguera, desintegrará sus fibras.

**c) Contacto con gasolina o aceites minerales**

Si hay gasolina que entra en contacto con la manguera se colará por entre el forro de material textil y atacará el revestimiento de hule. Lo mismo sucede con lo referente a los aceites y grasas de petróleo. Siempre que la manguera se contamine por haberla utilizado en un incendio o en algún otro lugar, o siempre que esté muy sucia, se debe de lavar y frotar con agua limpia o con una solución alcalina diluida, secándola después completamente.

Las mangueras no han de guardarse donde reciban directamente los rayos del sol, puesto que la luz solar surte en ellas efectos deteriorantes. Tampoco se les habrá de guardar en un lugar cálido, puesto que el calor daña la goma.

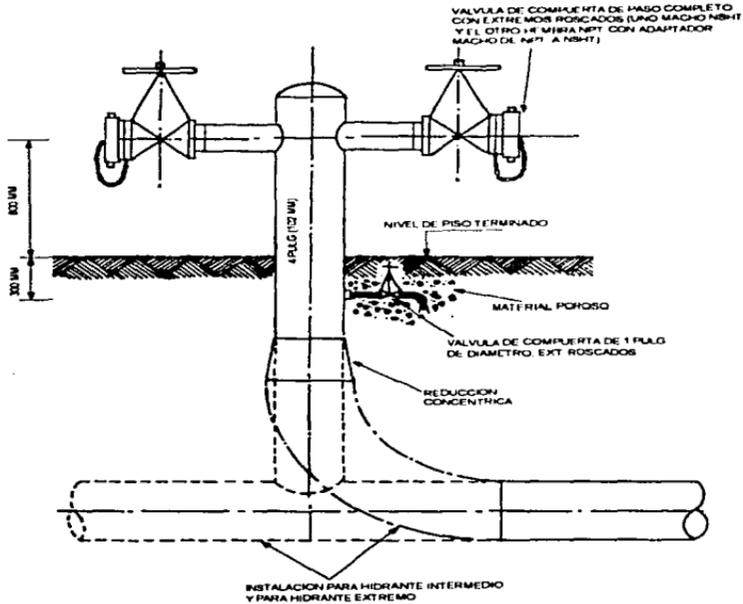
**3.4.2 Hidrantes.**

El hidrante es el dispositivo de la red contraincendio, conectado a la misma con un tubo, del cual salen dos tomas perpendiculares al mismo, y opuestas entre sí. Su función es abastecer agua a las mangueras que se conecten a él.

Los hidrantes deben ser del tipo convencional con dos tomas (Figura 3.1) y para su selección se verificará que cada toma proporcione los siguientes consumos:

DIAMETRO NOMINAL		CONSUMOS	
mm	pulg.	LPM	GPM
38	1 1/2	473	125
63	2 1/2	946	250

FIG. 3.1.- HIDRANTE CONVENCIONAL CON DOS TOMAS.



Donde el clima lo permita no se deben usar hidrantes del tipo que se vacían totalmente. Pero en aquellas zonas en donde el clima lo haga necesario, se deben utilizar hidrantes con válvula de entrada y purga para vaciarlos, y evitar el congelamiento del agua. En este caso, junto al hidrante colocar una fosa rellena con material poroso que absorba el agua que se drene al vaciarlo, en las tomas de agua deben ser dobles.

Cuando no se utilicen hidrantes del tipo convencional, a la línea de agua se le debe soldar un tubo vertical de acero al carbón de 4 pulg. mínimo, mediante un codo soldado de 90°, con dos medios nipples de 2 1/2 pulg. con rosca estándar de tubería en la parte superior, opuesto uno al otro y situados aproximadamente a 50 cm. del piso, conectado a la línea de agua directamente. En estos nipples se enroscan válvulas de compuerta de 2 1/2 pulg. de bronce con rosca estándar a la salida. En caso necesario pueden usarse válvulas con rosca estándar hembra NPT (National Pipe Thread) de tubería en ambos lados, colocándose en el extremo libre un convertidor de bronce a rosca NSHT.

La rosca de todo el equipo de contraincendio para agua debe ser U.S. National Standard para manguera (NSHT) de 7 1/2 hilos por pulgada para 2 1/2 pulg. de diámetro y de 9 hilos por pulgada para 1 1/2 pulg. de diámetro.

En aquellas instalaciones donde se disponga de poco personal o de limitados abastecimientos de agua, pueden colocarse en las válvulas de los hidrantes adaptadores a rosca NSHT de 1 1/2 pulg. de diámetro (9 hilos por pulgada) con el objeto de poder usar mangueras de esa dimensión.

En las áreas de proceso y de almacenamiento de productos altamente inflamables, los hidrantes se deben colocar a una distancia entre 30 y 50 metros. En las áreas de almacenamiento de productos inflamables, edificios administrativos y oficinas a una distancia no mayor de 100 metros.

Para alimentar camiones contraincendio, se deben instalar hidrantes con tomas de 4.5 ó 6 pulg. donde sea necesario, de preferencia en la acera opuesta a las tomas de espuma de tanques.

En áreas de plantas, los hidrantes deben colocarse a una distancia no mayor de 50 m.; en las áreas de tanques, talleres, almacenes y edificios administrativos, a no más de 100 m.

La cantidad de hidrantes para alimentar camiones contraincendio será de uno por cada 5,677.5 LPM (1500 GPM) requeridos por el grupo de tomas o fracción.

### 3.4.3 Monitores.

Los monitores son los elementos de la red contraincendio, conectado a la misma con un tubo cuyo diámetro varía de acuerdo a la demanda requerida por el diseño. El tubo en su parte superior tiene conectada una boquilla para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de neblina. Los monitores deben poder girar 120° en el plano vertical y un círculo completo en el plano horizontal (Figura 3.2).

Los monitores deben estar provistos de boquillas de niebla graduable y a chorro de 2 1/2 pulg.

Para su selección, se debe verificar que cada uno proporcione los siguientes flujos, de acuerdo a las instalaciones.

INSTALACION	CONSUMOS	
	LPM	GPM
DE REFINACION Y DE RECIBO, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION	1893	500
DE PETROQUIMICA	3785	1,000

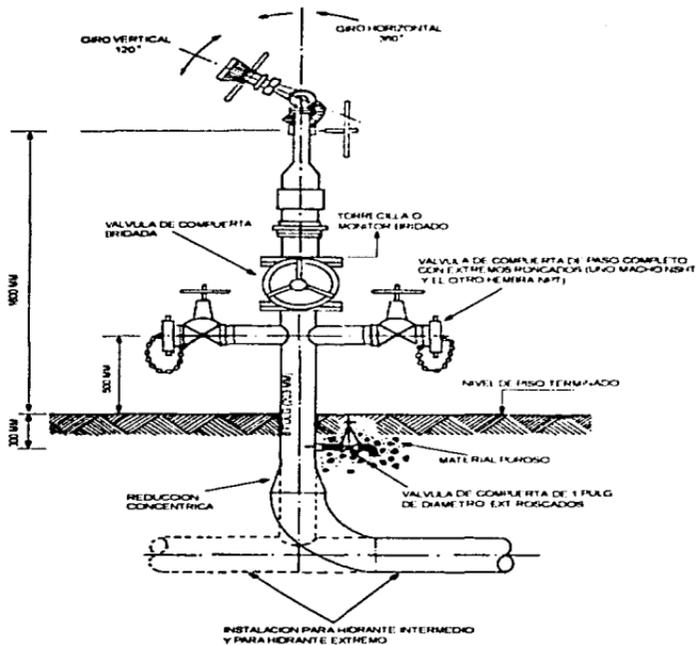
El alcance mínimo estimado del monitor debe ser de 30 m. a una presión de 7 Kg/cm<sup>2</sup> (100 psig).

La línea de alimentación se debe conectar a la red de agua contraincendio mediante un codo de 90°, de 4 pulg. sean los más cortos posible. Cuando se instalen tomas de agua en la línea de alimentación de los monitores, esta línea debe ser de 6 pulg. de diámetro. Cuando se instalen tomas para hidrantes, la línea de alimentación hacia hidrante-monitor debe ser de 8 pulg. de diámetro.

Se deben instalar monitores en todas las áreas peligrosas de cualquier planta industrial. Estos monitores, protegidos con barandal, se colocan sobre plataformas elevadas cuando ello sea necesario para ampliar el área protegida. La escalera de acceso a los monitores elevados debe situarse hacia el lado menos expuesto a un posible incendio, se debe tomar en cuenta la dirección de los vientos dominantes si el monitor se opera manualmente. La válvula de bloqueo de los monitores debe quedar cerca del nivel del piso a una altura y a una disposición, que facilite su operación.

El número de monitores y su localización se debe decidir en cada planta, según las necesidades lo ameriten.

FIG. 3.2.- MONITOR CON TOMAS PARA HIDRANTES.



Por lo regular, los hidrantes monitores de deben instalar a una distancia no mayor de 50 m. entre sí, en todas las áreas de las instalaciones y las demás que los riesgos ameritan.

#### **3.4.4 Cabezas Aspersoras.**

Donde sólo se utilicen mangueras de 2 1/2 pulg. deben existir aspersores de esta dimensión. En aquellos casos en que existan los dos tipos de manguera, los pitones serán de 2 1/2 pulg. y de 1 1/2 pulg. y se dispondrá de reducciones con agarraderas de 2 1/2 pulg. a 1 1/2 pulg. En este caso se pueden intercalar entre la reducción y el pitón una válvula de acción rápida de 1 1/2 pulg.

Se pueden utilizar boquillas de niebla de 1 1/2 pulg. con las que pueda regularse desde un chorro hasta una niebla fina. Donde existan mangueras de 2 1/2 pulg., la boquilla de niebla se debe colocar sobre la reducción con agarraderas de 2 1/2 pulg. a 1 1/2 pulg. Todas las conexiones del equipo contraincendio llevarán un empaque de hule de las dimensiones adecuadas.

Las boquillas de todos los tipos deben estar colocadas en los carros de mangueras, en las estaciones y casetas contraincendio y en los equipos móviles, según corresponda.

## CAPITULO IV

### SISTEMAS DE ASPERSION DE AGUA

El termino "Aspersión de Agua", se refiere al uso de agua en una forma tal que tenga un patrón predeterminado, tamaño de partícula, velocidad y densidad, respecto al área protegida definida por el tipo de onificio de boquillas o dispositivos especialmente diseñados.

Es un sistema especial de tubería fija conectada a una fuente regular de suministro de agua contraincendio, equipada con onificios de esparido de agua para una descarga específica de esta y sobre una superficie específica a proteger.

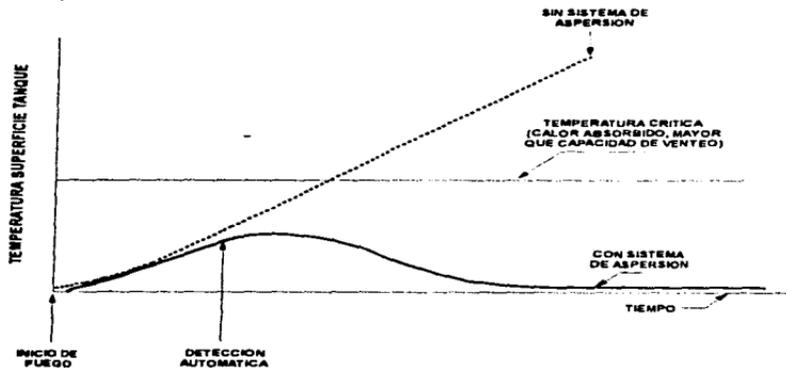
Los sistemas fijos de aspersión de agua se aplican usualmente a problemas especiales de protección contraincendio, debido a que esta puede ser específicamente diseñada para lograr un efectivo control del fuego, extinción, prevención o protección contra la exposición. Los sistemas de aspersión de agua pueden ser independientes o complementarios a otras formas de protección.

El diseño de los sistemas específicos puede variar considerablemente, dependiendo de la naturaleza del riesgo y los propósitos básicos de la protección. Debido a estas variaciones y a la amplia variedad de selección en las características de las boquillas, estos sistemas deben ser diseñados e instalados por personal competente. Es esencial que sus limitaciones, así como su capacidad, sean completamente comprendidos por el diseñador.

Los sistemas fijos de aspersión de agua son comúnmente usados para proteger equipos de proceso, estructuras, recipientes para gases y líquidos inflamables, tuberías y equipo eléctrico tal como transformadores y motores. Este tipo de protección también se ha demostrado que es efectivo en fuegos derivados con combustibles sólidos.

Como se observa en la figura 4.1, de manera general, un equipo que cuenta con sistema de aspersión de agua disminuye la temperatura superficial de este, disminuyendo los riesgos inherentes al aumento de la temperatura en el equipo.

**FIG. 4.1 SISTEMA DE ASPERSION DE AGUA CONTRA TEMPERATURA**



#### 4.1 DEFINICIONES.

a) Equipo de Protección Automática.

Es el equipo que automáticamente detecta calor, flama, humo, gases inflamables u otras condiciones capaces de producir fuego o una explosión y que provocarán la actuación automática del equipo de alarma y protección.

b) Control de la Ignición.

Es la aplicación del agua mediante aspersores a equipos o áreas donde un fuego puede ocurrir, con el fin de controlar la velocidad de la ignición y así limitar la emisión de calor liberado de un fuego, hasta que el combustible se pueda eliminar o se efectúe la extinción del incendio.

c) Densidad de Agua.

Es la cantidad de agua aplicada en un área o superficie unitaria expresada en galones por minuto (GPM) por cada pie cuadrado o en litros por minuto (LPM) por cada metro cuadrado.

Este término es totalmente distinto al definido regularmente para una sustancia determinada. Se emplea únicamente para el diseño de los aspersores de agua.

d) Protección a la Exposición.

Es la aplicación del agua en forma de niebla a estructuras o equipos para limitar la absorción de calor a un nivel, que permita minimizar el daño y prevenir la falla, a causa de una fuente de calor interna o externa.

e) Impacto.

Es el golpe a la superficie protegida por las gotas de agua provenientes directamente de una boquilla de aspersión de agua.

**f) Boquilla Aspersora.**

Dispositivo para descargar el agua que, cuando esta se abastece en cantidad y presión adecuadas, la distribuirá en una trayectoria y forma con características particulares al diseño del dispositivo (Figura 4.2).

**g) Sistema de Aspersión de Agua.**

Es un sistema especial de tubería fijo y conectado a una fuente de suministro confiable de agua contraincendio, equipada con boquillas aspersoras para la distribución específica del agua sobre la superficie o área protegida (Figura 4.3).

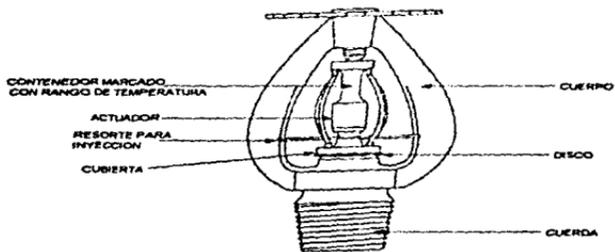
El sistema de tuberías estará conectado a la fuente de agua, a través de una válvula de operación automática o manual, la que inicia el flujo de agua. Una válvula automática es actuada por la operación de un equipo de detección automática, instalado en la misma área de las boquillas de aspersión.

#### **4.2 USOS PRINCIPALES.**

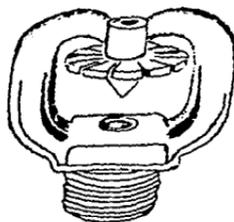
El esparcido de agua es aplicable para proteger equipos y cubrir riesgos que involucren a:

- a) Gases y líquidos inflamables.**
- b) Equipos electrónicos de riesgo como transformadores, interruptores de aceite, motores, cables y haces de cables.**
- c) Combustibles ordinarios como papel, madera y textiles.**
- d) Sólidos de riesgo conocido.**

FIG. 4.2 BOQUILLAS ASPERSORAS.

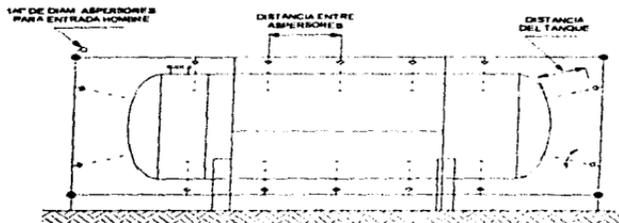


ROCIADOR TIPICO

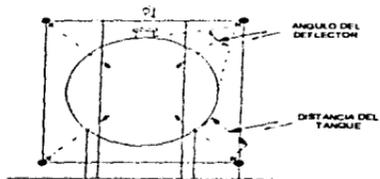


BOQUILLA ASPERSORA

**FIG. 4.3 SISTEMA DE PROTECCION POR ASPERSORES**



**PROTECCION LATERAL**



**PROTECCION DE TAPAS**

Los rociadores automáticos son los más ampliamente usados, confiables y efectivos en la protección contraincendio. Operan de acuerdo a la inmediata vecindad del fuego y descargan la cantidad de agua necesaria, finamente dividida, con mucha efectividad.

Los rociadores automáticos son más efectivos que los chorros de agua dirigidos por manguera.

Los rociadores son utilizados principalmente para extinguir el fuego en líquidos de alta temperatura de inflamación, por lo que estos no extinguen el fuego en un líquido de baja temperatura pero contribuyen a desarrollar dos funciones importantes:

- Previenen la propagación del fuego, reduciendo su intensidad y enfriando los lugares inmediatos al incendio.
- Enfrian la estructura de la construcción.

#### 4.3 LIMITACIONES.

Las limitaciones para el uso de sistemas de aspersores son semejantes a las de otros sistemas que aplican agua contraincendio directamente a las instalaciones o al equipo protegido. Tales limitaciones involucran la naturaleza del equipo que se protege, las propiedades físicas y químicas de los materiales y el medio ambiente del riesgo.

Para determinar la conveniencia en la protección con sistemas de aspersores, se debe hacer un cuidadoso estudio de las propiedades físicas y químicas de los materiales que se pretenda proteger.

En los casos donde los sistemas de aspersión puedan encontrar materiales contenidos a altas temperaturas, se deberá considerar el riesgo de espumación o evaporación súbita.

Para determinar la aplicabilidad de un sistema de aspersores con incendios por derrames de materiales solubles en agua como alcoholes, ésteres, etc., se deben realizar pruebas bajo las condiciones normales en que se encontrarán dichos materiales, a menos que se tenga información técnica en relación a la efectividad de su aplicación. Esto es debido a que los productos mencionados solo se pueden controlar hasta que se logra la extinción por dilución.

No se deberá aplicar directamente el agua de los sistemas de aspersores a materiales que reaccionen con ella, como sodio o carburo de calcio, ya que

producen reacciones violentas; o a gases licuados a temperaturas criogénicas, como el gas L.P., ya que estos productos pueden hervir violentamente cuando se calientan con el agua.

Cuando los sistemas de aspersores se diseñen para extinguir incendios de materiales sólidos, se deberán tomar en cuenta factores tales como la capacidad del agua para penetrar en ellos, la configuración y el estado de los materiales, etc.

En los equipos involucrados que operen a altas temperaturas se deberán tomar las precauciones para evitar la posibilidad de dañarlos, deformarlos o causar su falla por la aplicación del agua.

#### 4.4 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE ASPERSION.

Los sistemas de extinción con aspersores de agua automáticos fijos, se clasifican en:

##### a) Sistemas de Rociadores de Tipo Húmedo o Seco.

###### • Sistemas de Rociadores de Tipo Húmedo.

Como lo indica su nombre, están constituidos por una red de tubería que se encuentra normalmente llena de agua, en la cual los rociadores están conectados y distribuidos sistemáticamente.

Operan por medio de un elemento fusible colocado en la cabeza aspersora, el cual detecta el fuego y el agua es descargada en forma inmediata, únicamente de la cabeza que se encuentra cercana al fuego. Además, puede accionar una alarma al fluir el agua para indicar la existencia de un incendio. Este sistema es aplicable en las áreas de comedores, habitacionales y de recreaciones.

Los rociadores comúnmente usados son válvulas con salida de diámetro pequeño obturadas con un tapón, que son abiertos cuando la soldadura se funde a una temperatura de 70°C (165°F) (Ver Figura 4.2).

###### • Sistemas de Rociadores de Tipo Seco.

Se instalan generalmente en lugares donde la temperatura puede llegar por debajo de 0°C. En este tipo de sistemas la tubería se encuentra presionada

con aire o nitrógeno, el cual es desalojado por el agua al abrirse uno o más rociadores.

Los rociadores comúnmente utilizados son válvulas de tipo diferencial con doble asiento, uno de ellos para controlar la entrada del agua y el otro para sellar la presión del aire.

#### **b) Sistemas de Diluvio.**

Es un conjunto de rociadores conectados a una red de tuberías, donde estos se encuentran normalmente abiertos (cabezas aspersoras que no tienen elemento fusible) y descargan el agua simultáneamente sobre la superficie del área a proteger.

La alimentación de agua de los sistemas de diluvio opera en función de la válvula de inundación o de diluvio, la cual es activada por el sistema de detección de humo, calor o flama, el cual puede ser neumático o eléctrico.

Los sistemas de diluvio son usados en áreas de alto riesgo, en las cuales los líquidos inflamables son almacenados o procesados. Debido a que todos los aspersores del sistema operan simultáneamente, se requiere un suministro de agua muy grande para estos sistemas.

Dependiendo de lo que se requiera hacer, ya sea extinguir o controlar un fuego, será la densidad que se utilice, en un rango normalmente de 0.3 a 0.7 GPM por cada ft<sup>2</sup> de superficie a proteger.

#### **c) Sistemas de Preacción.**

Son similares a los sistemas de inundación (normalmente sin agua en la red de tuberías). Son sistemas donde existe aire en la tubería, la cual puede o no estar bajo presión.

Al ocurrir el incendio, un dispositivo detector complementario actuará en el área protegida; esto abrirá una válvula de control, que permitirá que el agua fluya al sistema de tubería antes de activar a un aspersor. Cuando estos son subsecuentemente abiertos por el calor del fuego, el agua fluirá a través de los aspersores inmediatamente, como en un sistema de tuberías húmedo.

#### 4.5 BOQUILLAS ASPERSORAS.

Para la selección del tipo y tamaño de las boquillas aspersoras, además de las características propias de estos elementos se tomarán en cuenta diversos factores como las características físicas del riesgo, condiciones climatológicas de la región donde se vaya a instalar el sistema, como vientos, velocidad del viento, corrientes de aire, corrosión, etc., clase del agua, con o sin sedimentos, etc.

Las boquillas de aspersión se deben colocar de tal forma que cubran totalmente el área que se pretende proteger. La distribución y posición de las boquillas con respecto a la superficie a proteger, deben tomar en cuenta el diseño particular de la boquilla y las características de la niebla que producen

También se debe considerar los efectos del viento y la succión o tiro producido por el calor del incendio sobre gotas de niebla finamente divididas, o incluso en gotas de mayores dimensiones cuando se trata de boquillas de baja velocidad inicial de flujo, ya que estos factores limitarán la distancia entre boquilla y superficie a proteger y reducen la efectividad de la protección a la exposición, control o extinción del incendio.

#### 4.6 BOQUILLAS DE ALTA Y MEDIA VELOCIDAD.

Para la aplicación de boquillas de alta y media velocidad, los riesgos de un incendio se clasifican en tres categorías:

- a) Riesgos que involucren a productos como aceites medianos o pesados, pinturas, grasas, etc., en donde la extinción se lleva a cabo por enfriamiento, dilución de vapor y emulsificación.
- b) En aceites ligeros, donde la emulsificación no es posible y la extinción del fuego se realiza por enfriamiento, sofocamiento y dilución de los vapores volátiles existentes por encima del fuego.
- c) En plantas y equipos, en donde se emplean gases o líquidos inflamables, en los cuales la extinción no se realiza fácilmente y lo que se desea es controlar el incendio y proteger al equipo expuesto a la radiación.

Para poder dar la protección adecuada a los diferentes tipos de riesgo que se pueden presentar, existen dos tipos básicos de boquillas para descargar el agua: a media y alta velocidad, las cuales pueden usarse separadamente o en conjunto.

Cada sistema consiste de un arreglo de tuberías arriba y alrededor del área de riesgo, con las boquillas colocadas para dar una descarga direccional adecuada para los fines deseados. En este caso la tubería es normalmente "seca", con agua bajo presión retenida por un sistema de válvula de diluvio, que puede ser operado automáticamente por la actuación de un sistema de detección de fuego. Cuando la válvula de diluvio opera, el agua fluye a través de la tubería y se descarga por todas las boquillas simultáneamente, inundando el área a proteger.

Las boquillas de media velocidad descargan el agua en forma de vacío con gotas finamente divididas a media velocidad. Estos aspersores utilizan un deflector externo para obtener las características de aspersión y el ángulo deseado. Logrando así una alta absorción de calor, haciéndolos ideales para la protección de riesgos involucrando aceites ligeros, así como para obtener un fuego controlado y/o una protección a la exposición al calor.

Los sistemas de media velocidad son usados en riesgos donde los tanques y estructuras se deben proteger del ataque directo del fuego, como pueden ser esferas de gas licuado, en el proceso o tuberías de plantas químicas, recipientes de almacenamiento, etc. También se pueden utilizar cuando no se tienen altas presiones requeridas por los sistemas de alta velocidad, para riesgos con aceites pesados o medianos.

La presión de trabajo mínima para los aspersores de media velocidad debe ser 21.8 psig, con excepción de los utilizados para proteger la parte superior de los tanques verticales que puede ser reducida a 14.5 psig.

Los aspersores pueden ser construidos de bronce o de acero inoxidable para aplicación en zonas marinas, en zonas de gran humedad o en alta intensidad de calor.

#### **4.7 APLICACIONES.**

Los sistemas fijos para protección por fuego se utilizan para proteger las zonas donde las cabezas aspersoras no son efectivas. Comúnmente los equipos y plantas de alto riesgo son protegidos por sistemas fijos de aspersión de agua, como pueden ser transformadores de aceite, turbogeneradores, tanques de almacenamiento de

crudo, de derivados del petróleo o de gas natural, plantas de proceso, red de tuberías, máquinas diesel, plantas de pintado o áreas de almacenamiento.

Con excepción de ciertas partes de turbogeneradores o plantas de proceso, los sistemas son usualmente automáticos y también posibles de operar manualmente.

Los sistemas de aspersión de agua pueden ser instalados de forma independiente, o como complemento a otras formas de protección contra fuego.

Los sistemas de aspersión fijos son usados para cubrir uno o más de los siguientes aspectos:

- Prevención del Fuego.
- Control del Incendio.
- Protección a la Radiación.
- Extinción del Incendio.

#### 4.7.1 Prevención del Fuego.

El sistema debe ser capaz de funcionar efectivamente durante un tiempo suficiente para disolver, diluir, dispersar o enfriar los materiales con riesgo de incendiarse.

Para calcular la duración de operación del sistema se debe considerar el posible tiempo que se empleará para eliminar los materiales involucrados en el incendio. Esto se realizará basándose en la experiencia con los productos sobre pruebas realizadas en laboratorio o en campo.

#### 4.7.2 Control del Incendio.

Los sistemas para el control de incendios, deben funcionar a plena capacidad hasta que haya pasado el tiempo suficiente para que los materiales inflamables se consuman, o durante el tiempo que se requiera para tomar las medidas necesarias para cortar el flujo del material que se está fugando, o bien para la preparación de las cuadrillas de reparación en el sistema que maneje los materiales inflamables, etc. En algunos casos puede ser requerida la operación del sistema por horas.

Las boquillas deben ser instaladas para proyectar el agua en las áreas expuestas al fuego y donde las fugas puedan acumularse. La densidad de aplicación de agua en la probable fuente del incendio, no debe ser menor a 0.50 GPM/ft<sup>2</sup> (20 LPM/m<sup>2</sup>).

En las bombas y equipos que manejen líquidos o gases inflamables se deben proteger los ejes, empaques, conexiones y otras partes críticas con una densidad de agua mayor a 0.50 GPM/ft<sup>2</sup> (20 LPM/m<sup>2</sup>) de la superficie expuesta

#### 4.7.3 Protección a la Radiación.

##### a) Sistemas en General.

El sistema de aspersores será capaz de funcionar efectivamente durante el tiempo que se estime la duración de la exposición al fuego, de acuerdo con la naturaleza y cantidades de combustible y de los probables efectos de los materiales del combate contraincendio. En algunos casos será requerida la operación del sistema por horas.

Los sistemas de aspersión de agua automáticos para la protección contra la exposición al fuego, deben ser diseñados para operar antes de la formación de depósitos de carbón en la superficie a proteger y antes de la posible falla de cualquier recipiente que contenga líquidos o gases inflamables, como consecuencia al aumento de la temperatura. Por lo tanto, el sistema debe ser diseñado para que se obtenga la descarga efectiva del agua en todas las boquillas, a más tardar a los 30 segundos después de que se haya detectado el fuego.

Las densidades especificadas para la protección contra la exposición contemplan una pérdida mínima de agua de 0.05 GPM/ft<sup>2</sup> (2.0 LPM/min/m<sup>2</sup>).

##### b) Recipientes.

Las siguientes reglas aplican para la protección a la exposición al fuego en recipientes y toman en cuenta que los dispositivos instalados en ellos tienen la capacidad requerida para emergencias, basado en el límite permisible de absorción de calor de 6,000 BTU/hr/ft<sup>2</sup> (1,627.5 cal/hr/cm<sup>2</sup>) de área expuesta. La densidad debe aumentarse para limitar la absorción de calor a un nivel seguro en el caso de que no se incluya la capacidad de relevo de emergencia.

El agua debe aplicarse a la superficie de recipientes horizontales o verticales a una densidad neta no menor a 0.25 GPM/ft<sup>2</sup> (10 LPM/m<sup>2</sup>) de área expuesta no aislada. Las densidades de boquillas individuales serán aumentadas para lograr compensar las pérdidas. Donde se contemple el aprovechamiento de escurrimientos del agua como un medio de aplicación, la distancia vertical

entre boquillas no podrá ser mayor a 12 ft (3.65 m); los extremos horizontales de los conos se deben traslapar.

Las superficies esféricas u horizontales debajo del ecuador de los recipientes, no pueden ser considerados susceptibles al escurrimiento del agua, a menos que existan datos que comprueben lo contrario. Por lo que se deben instalar boquillas asperosas para proteger tales zonas.

Cuando existan proyecciones (bridas de registro hombre, bridas para tuberías, soportes, etc.) que obstruyan la cobertura de la aspersión de agua, incluyendo escurrimientos o pérdidas en recipientes verticales, se deben instalar boquillas adicionales alrededor de estas proyecciones para mantener el patrón de aspersión.

Las partes inferiores y superiores de recipientes verticales deben ser completamente cubiertas a una densidad de agua no menor a 0.25 GPM/ft<sup>2</sup> (10 LPM/m<sup>2</sup>) de superficie expuesta sin aislante. Deben considerarse los escurrimientos del agua, tanto en el fondo como en los extremos de las superficies horizontales, de tal manera que los conos de agua se traslapen.

Se debe dar especial atención a la distribución y posición de las boquillas para la protección adecuada alrededor de las válvulas de alivio, de las conexiones de tuberías y válvulas de suministro.

El área no aislada de los faldones y bordes que puedan estar expuestos a un incendio, se les aplicará una densidad de agua no menor a 0.10 GPM/ft<sup>2</sup> (4 LPM/m<sup>2</sup>).

c) Estructuras y Equipo Misceláneo.

Los miembros estructurales de acero colocados en forma horizontal que se consideran primarios, deben estar protegidos por boquillas espaciadas no más de 10 ft. (3 m.) entre centros, de preferencia en lados alternados, y de tal tamaño y arreglo para descargar no menos de 0.10 GPM/ft<sup>2</sup> (4 LPM/m<sup>2</sup>) del área mojada. En el caso de miembros verticales, la densidad será no menor de 0.25 GPM/ft<sup>2</sup> (10 LPM/m<sup>2</sup>).

Las tuberías metálicas, tubing y conduits deben estar protegidos por aspersión de agua dirigida hacia la superficie horizontal proyectada por el fondo de la tubería con una densidad de agua de 0.10 GPM/ft<sup>2</sup> (4 LPM/m<sup>2</sup>). Los soportes estructurales se deben proteger como se mencionó en los párrafos anteriores; estos valores se pueden reducir si las sumas acumuladas de las descargas de

agua sobre estas áreas son mayores a  $0.50 \text{ GPM/ft}^2$  ( $20 \text{ LPM/m}^2$ ) del área protegida.

Las boquillas serán seleccionadas para lograr esencialmente la cobertura total de la superficie horizontal del área en que las tuberías estén localizadas. Para lograr mejor aprovechamiento del agua, se deben considerar factores como los diferentes niveles de tubería en los soportes, el espaciamiento entre tubos y la distribución y configuración de la tubería sobre los soportes, etc

#### 4.7.4 Extinción.

La extinción del fuego por medio de la aspersión de agua, puede lograrse por el enfriamiento de la superficie, por sofocamiento causado por el vapor producido, por la emulsificación, por dilución y por combinación de los anteriores. Los sistemas deben ser diseñados de tal forma, que dentro de un periodo de tiempo razonable, se logre totalmente la extinción y todas las superficies sean enfriadas lo suficiente para evitar la reignición que pudiera ocurrir después de que el sistema suspenda el flujo de agua.

La densidad de diseño para la extinción, se basa en los datos de pruebas de condiciones similares a aquellas que aplican en las instalaciones reales. Un rango general de suministro de agua por aspersión que se aplica para extinguir la mayoría de los sólidos combustibles o líquidos inflamables ordinarios, es de  $0.25$  a  $0.50 \text{ GPM/ft}^2$  ( $10$  a  $20 \text{ LPM/m}^2$ ) de área protegida.

Si se pretende extinguir un incendio por el método de enfriamiento de la superficie, el diseño deberá proporcionar una cobertura con agua sobre el total del área. Este método no es recomendable para gases o líquidos inflamables que tienen un punto de inflamación inferior a la temperatura del agua aplicada, así como no es satisfactorio su empleo en líquidos con puntos de inflamación menores a  $60^\circ\text{C}$  ( $140^\circ\text{F}$ ).

En el método de sofocamiento por el vapor producido, la intensidad del incendio es suficiente para generar el vapor necesario a partir de la niebla aplicada y bajo estas condiciones producir el efecto de sofocamiento. La niebla se deberá aplicar en las áreas donde se espera se desarrolle el fuego. El efecto de sofocamiento no se debe realizar donde el material protegido pueda generar oxígeno cuando se calienta.

El efecto de emulsificación solamente se obtendrá en el caso de líquidos no miscibles con el agua. El agua se debe aplicar sobre el área de líquidos inflamables. Para los productos con baja viscosidad, la cobertura será uniforme y

agua sobre estas áreas son mayores a  $0.50 \text{ GPM/ft}^2$  ( $20 \text{ LPM/m}^2$ ) del área protegida.

Las boquillas serán seleccionadas para lograr esencialmente la cobertura total de la superficie horizontal del área en que las tuberías estén localizadas. Para lograr mejor aprovechamiento del agua, se deben considerar factores como los diferentes niveles de tubería en los soportes, el espaciamiento entre tubos y la distribución y configuración de la tubería sobre los soportes, etc.

#### 4.7.4 Extinción.

La extinción del fuego por medio de la aspersión de agua, puede lograrse por el enfriamiento de la superficie, por sofocamiento causado por el vapor producido, por la emulsificación, por dilución y por combinación de los anteriores. Los sistemas deben ser diseñados de tal forma, que dentro de un período de tiempo razonable, se logre totalmente la extinción y todas las superficies sean enfriadas lo suficiente para evitar la reignición que pudiera ocurrir después de que el sistema suspenda el flujo de agua.

La densidad de diseño para la extinción, se basa en los datos de pruebas de condiciones similares a aquellas que aplican en las instalaciones reales. Un rango general de suministro de agua por aspersión que se aplica para extinguir la mayoría de los sólidos combustibles o líquidos inflamables ordinarios, es de  $0.25$  a  $0.50 \text{ GPM/ft}^2$  ( $10$  a  $20 \text{ LPM/m}^2$ ) de área protegida.

Si se pretende extinguir un incendio por el método de enfriamiento de la superficie, el diseño deberá proporcionar una cobertura con agua sobre el total del área. Este método no es recomendable para gases o líquidos inflamables que tienen un punto de inflamación inferior a la temperatura del agua aplicada, así como no es satisfactorio su empleo en líquidos con puntos de inflamación menores a  $80^\circ\text{C}$  ( $140^\circ\text{F}$ ).

En el método de sofocamiento por el vapor producido, la intensidad del incendio es suficiente para generar el vapor necesario a partir de la niebla aplicada y bajo estas condiciones producir el efecto de sofocamiento. La niebla se deberá aplicar en las áreas donde se espera se desarrolle el fuego. El efecto de sofocamiento no se debe realizar donde el material protegido pueda generar oxígeno cuando se calienta.

El efecto de emulsificación solamente se obtendrá en el caso de líquidos no miscibles con el agua. El agua se debe aplicar sobre el área de líquidos inflamables. Para los productos con baja viscosidad, la cobertura será uniforme y

los valores de aplicación del agua y presión en la boquilla serán los mínimos estipulados anteriormente. En el caso de materiales muy viscosos la cobertura debe ser completa, pero la distribución del agua puede no ser uniforme.

Para conseguir el efecto de dilución, los materiales deben ser miscibles con el agua. Los valores de aplicación del agua deben lograr la extinción en el menor tiempo posible y su cálculo se debe basar en el volumen esperado de materiales inflamables y el porcentaje de dilución no debe ser menor al requerido para control y enfriamiento.

Cuando se requiere proteger alambres y cables aislados o tubing no metálico, por un sistema de boquillas de aspersión de agua automático (boquillas tipo abierto), para la extinción del fuego que se origina dentro del cable o tubo (por ejemplo, el aislamiento o el tubo, está sujeto a la ignición y a la propagación del fuego), el sistema debe diseñarse hidráulicamente para dirigir el agua directamente a la charola o al grupo de cables o tubos, a una densidad de 0.15 GPM/ft<sup>2</sup> (6.1 LPM/m<sup>2</sup>) en el plano horizontal o vertical en que se encuentren los cables.

En caso de protección a transformadores, el gasto mínimo a emplear será de 0.25 GPM/ft<sup>2</sup> (10 LPM/m<sup>2</sup>).

#### 4.8 SISTEMAS FIJOS DE NIEBLA.

Estos sistemas se emplean principalmente en refinerías y plantas petroquímicas (torres fraccionadoras, casa de bombas, etc) y tanques que contengan líquidos inflamables (recipientes para gas, tubería de proceso, motores eléctricos, etc), para protegerlos del calor de radiación de un incendio adyacente.

Las boquillas utilizadas en los sistemas fijos de niebla son de tipo abierto. La presión de operación de los sistemas de niebla es de 30 psig.

Para proporcionar los requerimientos de flujo y presión a los sistemas de rociadores se necesita contar con tanques atmosféricos, a presión y/o bombas.

Para plataformas marinas se selecciona el sistema de bombeo por tener agua disponible suficiente del mar y ocupar poco espacio, comparado con un sistema de almacenamiento (tanques de gravedad o a presión).

El cabezal principal de aspersión deberá tener en cada una de las dos alimentaciones un filtro tipo canasta con un desvío (by pass) con el fin de poder

darle mantenimiento al filtro. El cedazo deberá tener perforaciones de un diámetro menor al diámetro de los orificios de los aspersores para evitar su taponamiento.

El diámetro del cabezal principal se calculará tomando en cuenta el gasto requerido por el arreglo de aspersores con mayor número de boquillas y tendrá un diámetro de 4 pulg.

Los subcabezales del sistema de aspersión se diseñarán para proteger grupos de equipos. Estos subcabezales tendrán dos alimentaciones, una se tomará del cabezal principal de aspersión y la otra de la línea que alimente el monitor o hidrante más cercano.

En una de las alimentaciones se deberá tener un arreglo de desvío con una válvula automática tipo mariposa de cierre hermético, operada neumáticamente, de dos posiciones (abierto y cerrado) y podrá ser accionada manualmente y desde el cuarto de control.

Las boquillas aspersoras deben ser de cono lleno y serán seleccionadas en función de la cantidad de agua para enfriamiento que individualmente deben proporcionar y al ángulo de cobertura de cada una de ellas, lo anterior aunado a su presión recomendable de operación el sistema de enfriamiento deberá humedecer el 100% de la superficie del equipo (recipiente, bomba, etc.)

La distribución de agua de enfriamiento se hará por medio de cabezales colocados por encima del cuerpo, y en su parte inferior, considerando también los soportes del mismo recipiente. El sistema de aspersores deberá ser del tipo seco.

#### **4.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE ASPERSIÓN DE AGUA.**

El diseño del sistema de aspersores deberá considerar los siguientes aspectos:

- Selección de la densidad y área de aplicación.
- Determinación de la cantidad de agua requerida.
- Selección del orificio y número de espreas.
- Rango de presión permitida.

#### 4.9.1 Selección de la Densidad y Area de Aplicación.

Los sistemas de rociadores se pueden clasificar en forma general, de acuerdo al riesgo, como se describe en la siguiente tabla:

CLASIFICACION DE RIESGOS	AREAS DE APLICACION FT² (M²)	PILA DE COMBUSTIBLE ALMACENADO
Ligero	≤ 1500 (139)	Bajo en combustible y bajo en generación de calor.
Ordinario (Grupo 1)	≤ 1500 (139)	< 8 FT (2.4 M)
Ordinario (Grupo 2)	≤ 1500 (139)	< 12 FT (3.7 M)
Ordinario (Grupo 3)	≤ 1500 (139)	Alto en combustible y alto en generación de calor.
Extraordinario (Grupo 1)	≤ 2500 (232)	Muy alto en combustible y muy alto en generación de calor.
Extraordinario (Grupo 2)	≤ 2500 (232)	Super alto en combustible y super alto en generación de calor.

La densidad de agua se determinará de acuerdo al tipo de riesgo, al tipo de protección y al tipo de combate del incendio.

#### 4.9.2 Determinación de la Cantidad de Agua Requerida.

El gasto se determinará para equipos (recipientes, bombas, etc.), estructuras metálicas, tuberías, etc. como se describe a continuación:

##### a) Recipientes.

- Cálculo del gasto total mínimo de agua de enfriamiento, para protección de una área determinada.

$$G_T = D_A A_{REC} \dots(4.1)$$

Donde:

- $G_T$  = Gasto total de agua (GPM o LPM)
- $D_A$  = Densidad de aplicación (GPM/ft<sup>2</sup>) o (LPM/m<sup>2</sup>)
- $A_{REC}$  = Área del recipiente (ft<sup>2</sup> o m<sup>2</sup>)
- = Área lateral + Área de las cabezas + Área de soporte

- Cálculo del área a proteger para el cuerpo.

$$A = \pi D L \quad \dots(4.2)$$

Donde:

- $D$  = Diámetro externo del recipiente (ft o m)
- $L$  = Longitud entre líneas de tangencia (ft o m)

- Cálculo del área a proteger de las tapas.

Tipo plana  $A = \pi \frac{D^2}{4} \quad \dots(4.3)$

Tapa torisférica  $A = 0.918 D^2 \quad \dots(4.4)$

Tapa semielíptica  $A = 1.090 D^2 \quad \dots(4.5)$

Tapa hemisférica  $A = 1.5708 D^2 \quad \dots(4.6)$

Donde:

- $A$  = Área de la tapa (ft<sup>2</sup> o m<sup>2</sup>)
- $D$  = Diámetro del recipiente (ft o m)

#### b) Bombas.

La determinación del gasto total mínimo, será considerando las dimensiones del patín ( $A_{BOMBA}$ ) como se describe a continuación:

$$G_T = D_A A_{BOMBA} \quad \dots(4.7)$$

- c) Para estructuras metálicas, rack de tuberías y transformadores, el área se determinará en función de la geometría.

#### 4.9.3 Selección del Orificio y Número de Aspersores.

- a) El tamaño del orificio y tipo de sistema de rociadores, se selecciona de acuerdo al tipo de riesgo, como se muestra en la siguiente tabla:

TIPO DE RIESGOS	TAMAÑO DE ORIFICIO PULG (MM)	TIPO DE SISTEMA
Ligero	≤ 1/2 (12.7)	Húmedo
Ordinario (Grupo 1)	≤ 1/2 (12.7)	Húmedo
Ordinario (Grupo 2)	≤ 1/2 (12.7)	Húmedo
Ordinario (Grupo 3)	≤ 1/2 (12.7)	Húmedo
Extraordinario (Grupo 1)	> 1/2 (12.7)	Seco, preacción o sistema combinado.
Extraordinario (Grupo 2)	Hasta 2 (50.8)	Seco, preacción o sistema combinado.

En caso de requerirse filtrado, se debe remover del agua todos los sólidos capaces de obstruir los agujeros de espray, normalmente de 1/8 pulg. (2.17 mm.) de perforación es aceptable.

La distancia máxima recomendada entre rociadores y el área máxima que deberá cubrir un rociador se deberá determinar de acuerdo a la siguiente tabla:

RIESGO	DISTANCIA FT (M)	AREA CUBIERTA POR ROCIADOR FT <sup>2</sup> (M <sup>2</sup> )
Ligero	≤ 15 (4.6)	≤ 200 (18.6)
Ordinario (Grupo 1 y 2)	≤ 15 (4.6)	≤ 130 (12.1)
Ordinario (Grupo 3)	≤ 15 (4.6)	≤ 100 (9.3)
Extraordinario	≤ 12 (3.7)	≤ 90 (8.4)

b) Cálculo del número de aspersores.

$$E = \frac{L}{x} = \frac{G_T}{G_{Tr}} \quad \dots(4.8)$$

Donde:

- E = Número de espesas
- L = Longitud de cada tramo recto de tubería(ft o m)
- x = Separación entre aspersores
- G<sub>T</sub> = Gasto total de agua por boquilla
- G<sub>Tr</sub> = Gasto real de agua por boquilla

c) Determinación del número de aspersores y arreglo con dos o más ramales, para un arreglo en paralelo en una área específica.

- Se considera el área determinada (A<sub>1</sub>).
- Se considera el área a cubrir por aspersor entre ramales (A<sub>2</sub>).

$$A_2 = L \times X \quad \dots(4.9)$$

Donde:

- L = Separación entre ramales
- X = Separación entre aspersores

- Número total de aspersores.

$$N_{ASP} = \frac{A_1}{A_2} \quad \dots(4.10)$$

- Número de aspersores por ramal o líneas.

$$N_{ASP\text{RAMAL}} = \frac{1.2\sqrt{A_1}}{x} \quad \dots(4.11)$$

$$x = 1.85 D \tan \alpha \quad \dots(4.12)$$

Donde:

$\alpha$  = ángulo de aspersión

D = distancia del área de contacto de boquillas

Se puede considerar una separación entre aspersores entre 8 a 12 pies.

d) Cálculo del gasto real de agua por boquilla

$$E = \frac{G_T}{G_{TR}} \quad \dots (4.13)$$

$$G_{TR} = \frac{G_T}{E} \quad \dots (4.14)$$

Donde:

E = Número de espres

$G_T$  = Gasto total de agua por boquilla

$G_{TR}$  = Gasto real de agua por boquilla

- Con el gasto real de agua por boquilla ( $G_{TR}$ ) se encuentran la presión requerida y el diámetro de orificio del aspersor de acuerdo a la siguiente tabla:

DIAM ORIFICIO (PULG)	CTE K	PRESIÓN REQUERIDA (PSIG)							
		10	15	20	25	35	50	75	100
		GASTO REAL DE AGUA (GPM)							
1/4	1.3-1.5	4.5	5.4	6.3	7.0	8.3	9.9	12.1	14.0
5/16	1.8-2.0	6.0	7.3	8.5	9.5	11.2	13.4	16.4	19.0
3/8	2.6-2.9	8.7	10.6	12.3	13.7	16.3	19.4	23.8	27.5
7/16	4.0-4.4	13.3	16.3	18.8	21.0	24.8	29.7	36.4	42.0
1/2	5.3-5.8	18.0	22.0	25.0	28.0	34.0	41.0	50.0	58.0
17/32	7.4-8.2	24.7	30.2	34.9	39.0	48.1	55.1	67.5	78.0

Como criterio general, se determina la presión requerida de la esprea en 100 psig.

La tabla anterior muestra los gastos y presiones para un tipo de esprea estandar, para un tipo de esprea específico deberá consultarse las tablas de los fabricantes de aspersores, como el catálogo de aspersores "Spraying Systems Co" que es el más usual en protección contra incendio.

d) Cálculo del diámetro del ramal o subcabezal

Con el diámetro del orificio ( $D_o$ ) y el número de espreas (E), se selecciona el diámetro del ramal, de acuerdo a la siguiente tabla

DIAMETRO DE RAMAL O SUBCABEZAL (PULG)	DIAMETRO DE ORIFICIO (PULG)						
	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4
	NUMERO DE ESPREAS						
1 0	4	3	2	2	1	1	1
1 1/4	8	6	4	3	2	2	1
1 1/2	-	9	6	4	3	3	2
2 0	-	-	-	5	4	4	3

o utilizando la siguiente ecuación, se determina el diámetro:

$$D = \sqrt{0.408 \frac{Q}{v}} \quad \dots (4.15)$$

Donde:

- D = Diámetro del ramal (pulg)
- v = Velocidad (ft/seg), la recomendada es de 4 a 8 ft/seg
- Q = Gasto real de agua por ramal

d) Cálculo del riser o cabezal principal.

Con el diámetro del orificio ( $D_o$ ) y el número total de espreas, se selecciona el diámetro del riser o cabezal principal, de acuerdo a la siguiente tabla:

DIAMETRO DEL CABEZAL (PULG)	DIAMETRO DE ORIFICIO (PULG)		
	3/8	1/2	3/4
	NUMERO DE ESPREAS		
1 1/2	8	3	2
2	10	5	4
2 1/2	18	9	7
3	32	16	12
3 1/2	48	24	17
4	65	33	24
5	120	60	43
6	-	100	70

o utilizando la ecuación 4.15, se determina el diámetro.

#### 4.10 EJEMPLO DE APLICACION.

##### 4.10.1 Cálculo del Area, Gasto y Número de Boquillas.

Se tiene un tanque con las siguientes dimensiones conteniendo hidrocarburos, el cual requiere un sistema de protección:

Diámetro (D) = 2.286 m (7.5 ft.)

Longitud (L) = 7.010 m (23 ft.)

- Cálculo del área a proteger.

$$\text{Area Total} = \text{Area del cuerpo} + \text{Area de las cabezas}$$

$$\text{Area del cuerpo} = \pi D L = 3.1416 \times 7.5 \times 23 = 542 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area de las cabezas} = 2 \times 1.09 \times D^2 = 2 \times 1.09 \times 7.5^2 = 122.6 \text{ ft}^2$$

(considerando tapa semielíptica)

$$\text{Area Total} = 542 + 122.6 = 664.6 \text{ ft}^2$$

- Cálculo del gasto.

$$\text{Densidad de agua para protección} = 0.25 \text{ GPM/ft}^2$$

$$\text{Gasto Total} = \text{Area total} \times \text{Densidad de agua}$$

$$\text{Gasto Total} = 664.6 \times 0.25 = 166.15 \text{ GPM}$$

- Cálculo del número de aspersores.

Considerando que el tipo de riesgo es ordinario del grupo 3, el tamaño del orificio debe ser menor o igual a 1/2 pulg. del tipo húmedo. Seleccionando un tamaño de orificio de 3/8 pulg. y una presión requerida de 100 psig, se tiene que el gasto real de agua por esprea es de 27.5 GPM.

$$\text{No. de aspersores} = \text{Gasto Total} / \text{Gasto por aspersor.}$$

$$\text{No. de aspersores} = 166.15 / 27.5$$

$$\text{No. de aspersores} = 6.04$$

Se consideran 7 aspersores.

#### 4.10.2 Distribución de Boquillas.

El número de boquillas a distribuir, normalmente no es el mismo que el número mínimo de boquillas calculado anteriormente, ya que en su distribución se deben tomar en cuenta los siguientes puntos del recipiente a proteger:

- a) Plataformas y escaleras.
- b) Líneas de entrada y salida en la parte superior del recipiente.
- c) Plantas y elevaciones de líneas adyacentes.

Con lo anterior, se tiene que en lugar de instalar una línea sobre el recipiente, se debe instalar un anillo para librar todos los obstáculos que se presentan, originando con esto que el número de aspersores sea el doble del calculado.

#### 4.10.3 Cálculo Hidráulico.

Considerando el doble del número mínimo de aspersores se tiene que:

$$\text{Gasto Total} = 2 (\text{Número mínimo de aspersores}) \times \text{Gasto por aspersor}$$

$$\text{Gasto Total} = 2 (7) \times 27.5$$

$$\text{Gasto Total} = 385 \text{ GPM}$$

$$\text{Densidad real del agua} = \text{Gasto total} / \text{Área total}$$

$$\text{Densidad real del agua} = 385 \text{ GPM} / 664.6 \text{ ft}^2$$

$$\text{Densidad real del agua} = 0.58 \text{ GPM/ft}^2$$

#### 4.10.4 Cálculo del Diámetro de Tubería

Considerando el gasto total de 385 GPM y una velocidad promedio de 6 ft/seg. para el transporte de agua en la tubería, se tiene:

$$D = \sqrt{0.408 \frac{Q}{v}}$$

$$D = \sqrt{0.408 \frac{(385)}{6}} = 5.11 \text{ pulg}$$

Utilizando un diámetro comercial de tubería de acero al carbón, se tiene que el diámetro seleccionado para la tubería del sistema de aspersión sería de 6 pulg.

$$D = 6 \text{ pulg.}$$

## CAPITULO V

### DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIO

Este capítulo tiene la finalidad de establecer los parámetros mínimos necesarios para el diseño de líneas y redes de tubería de agua contra incendio, así como los métodos comúnmente utilizados para el cálculo hidráulico del sistema. Esto es con la finalidad de evitar sistemas sobredimensionados, que implique la utilización de cantidades innecesarias de agua, equipo y tubería, lo cual generarían costos adicionales que una planta industrial no pudiese absorber.

#### 5.1 SISTEMAS DE AGUA CONTRA INCENDIO.

Un sistema de protección contra incendio se define como un conjunto de bombas, tuberías, accesorios, hidrantes, monitores, mangueras y sistemas fijos de aspersión, localizados estratégicamente en una planta, instalación o edificio, para la protección de zonas de riesgo mediante la utilización de agua.

Los sistemas de agua contra incendio se componen normalmente de los siguientes elementos:

- a) Una fuente de abastecimiento de agua con un volumen tal que pueda satisfacer las necesidades de la demanda en caso de emergencia. Esta fuente de abastecimiento puede ser primaria como ríos, lagos, fuentes naturales, pozos, servicios municipales, etc. o secundarias como tanques o cisternas.
- b) Un equipo de bombeo, el cual proporcionará el agua en cantidad y con la presión necesaria de acuerdo con las necesidades y riesgos a proteger en cada caso.
- c) Una red de distribución de agua intercomunicada, que generalmente forme circuitos cerrados en las áreas y zonas a proteger, de tal modo que puedan aislarse por medio de válvulas; contando además con sus respectivas salidas para hidrantes, monitores y sistemas fijos de aspersores y niebla.

El tamaño de la tubería será determinada por la capacidad del sistema, longitud de las líneas y la presión requerida en el hidrante para mantener la presión residual a la boquilla de la manguera, estando esta totalmente extendida.

En las redes de agua contra incendio que requieren ser presionadas por bombas estacionarias se deben instalar por lo menos dos bombas, una accionada por motor eléctrico y otra por cualquier otro medio de accionamiento, tales como motores de combustión interna, turbinas de vapor, turbinas de gas, etc. Cuando el tamaño de la red de agua contra incendio lo haga necesario se localizarán varias estaciones de bombeo.

## 5.2 CONDICIONES DE DISEÑO.

Las condiciones básicas que se deben de tomar en cuenta para lograr un buen diseño de la red de agua contra incendio en instalaciones industriales, son las siguientes:

- a) Consumo de agua, en galones por minuto (GPM) o litros por minuto (LPM).
- b) Tiempo que se debe mantener el suministro.
- c) Presión que debe tener el agua en la salida de los hidrantes o monitores (nunca menor a 100 psig o 7 Kg/cm<sup>2</sup>).

Estas tres condiciones se determinarán de acuerdo con las dimensiones de la instalación y de los riesgos a proteger.

Por regla general, los hidrantes deben ser diseñados para que por cada toma proporcionen los gastos siguientes:

Diámetro Nominal	Gasto (LPM)	Gasto (GPM)
38 mm (1.5 pulg.)	473	125
63 mm (2.5 pulg.)	946	250

Las pérdidas de presión a través del hidrante no deben ser mayores de 0.14 Kg/cm<sup>2</sup> (2 psi) al estar operando con su gasto máximo.

Se deben de instalar hidrantes en todas las áreas donde sean necesarios; pero en las áreas de proceso y almacenamiento de materiales combustibles, se tendrá un mayor número de ellos que en las áreas de almacenamiento general, edificios administrativos y oficinas en general.

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

Para determinar las distancias mínimas de colocación de los hidrantes, se deben seguir los siguientes parámetros:

- En las instalaciones de proceso y almacenamiento de productos altamente inflamables, los hidrantes se deben colocar a una distancia entre 30 y 50 metros, uno con respecto al otro.
- En las 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 piso debe considerarse como un área diferente.
- En otras instalaciones se debe de cumplir con lo dispuesto con las normas correspondientes.

### 5.3 CRITERIOS DE DISEÑO.

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 a 7 Kg/cm<sup>2</sup> (100 psig), en la salida de hidrantes o monitores en las condiciones más desfavorables al 100% de capacidad del sistema.

La velocidad razonable del agua para la selección 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 contraincendio que manejen exclusivamente agua salada, se recomienda una velocidad de 1.22 a 2.44 m/seg (4 a 8 ft/seg)

En el dimensionamiento de tuberías contraincendio en plataformas marinas se recomiendan velocidades de 1.0 a 4.5 m/seg (3 a 15 ft/seg).

Para seleccionar la tubería se debe considerar como mínimo las siguientes condiciones: capacidad, presión máxima de trabajo, condiciones del medio y del terreno, cargas externas y calidad del agua.

En los casos en que se maneje agua salada, se debe efectuar un estudio que permita determinar el espesor total de la pared de la tubería, ya sea aplicando tolerancias para la corrosión de acero al carbón o la utilización de otros materiales. En la práctica común, se recomienda utilizar una tolerancia a la corrosión de 0.318 mm (0.125 pulg) para tuberías de agua contraincendio para una duración aproximada de 20 años.

Para evitar la pérdida de presión por fricción mayor, no se debe permitir el uso de válvulas de globo en ningún lugar de las redes de agua de servicio contraincendio.

Para calcular la red de distribución de agua contraincendio se debe cumplir como mínimo con los siguientes parámetros:

- a) La presión disponible en el hidrante o monitor de localización más desfavorable sea de 7 Kg/cm<sup>2</sup> (100 psig) como mínimo.
- b) El gasto proporcionado sea suficiente para alimentar la cantidad de mangueras, monitores y cualquier otro sistema contraincendio que deba emplearse simultáneamente para combatir el incendio de riesgo mayor existente en la instalación, más 20% al 30% de exceso para absorber posibles fugas y/o conexiones adicionales. Por lo tanto, el cabezal de agua contraincendio deberá ser diseñado para manejar el 50% adicional al flujo de agua estimado.

## 5.4 SISTEMAS DE TUBERIAS.

Existen dos términos que son usados para describir el transporte del agua desde una fuente de suministro al sistema de distribución: ducto y acueducto. Un ducto es una tubería cerrada capaz de soportar la presión interna del agua, mientras que el acueducto es una tubería cerrada, una zanja o un canal abierto donde fluye el agua, el cual no tiene presión excepto la causada por el peso del agua. Los acueductos son diseñados para presiones atmosféricas.

### 5.4.1 Tuberías.

Las tuberías son diseñadas para soportar presiones y distribuir agua al punto de uso. Existen tres clases de tubería en sistemas grandes.

- a) **Cabezales principales** consistentes de tuberías grandes con espacios de cobertura relativamente amplios. Estos transportan grandes cantidades de agua a varios puntos del sistema para la distribución local a tuberías más pequeñas.
- b) **Cabezales secundarios** formados por redes de tuberías de tamaño intermedio. Estos refuerzan las rejillas de distribución dentro de varias secciones del cabezal primario; además auxilian a la concentración del flujo de agua requiendo en cualquier punto.
- c) **Distribuidores** consistentes de una parrilla de tuberías pequeñas. Estos sirven a los hidrantes individuales y bloques de consumidores.

Con el objeto de proporcionar seguridad, dos o más cabezales primarios pueden surtirse por rutas separadas de fuentes de suministro a puntos de alta peligrosidad. De manera similar, los cabezales deben arreglarse de tal forma que formen lazos para dar la flexibilidad de dos direcciones de suministro a cualquier usuario. Con esta práctica, se aumenta la capacidad de suministro a cualquier lado y así asegurar que no se corte completamente el suministro de agua en caso de la ruptura en el cabezal principal.

El sistema de tuberías de agua contraincendio debe ser independiente del sistema de agua de proceso.

#### **5.4.2 Tamaño de Tubería.**

El diámetro mínimo que se deberá usar para los cabezales de agua contraincendio es de 6 pulgadas, aunque se trate de ramales que abastezcan un solo hidrante. El diámetro de la tubería debe aumentarse progresivamente a medida que los ramales abastezcan mayor número de hidrantes conforme se aproximen a las bombas de alimentación de la red de acuerdo con las siguientes reglas:

- a) Los ramales ciegos sólo pueden alimentar un hidrante. Si su longitud es mayor de 150 metros, serán de tubo por lo menos de 8 pulgadas de diámetro
- b) Los anillos que contengan 2 hidrantes serán de tubo de 8 pulgadas por lo menos, si su longitud es de más de 500 metros.
- c) Los anillos que contengan 3 hidrantes serán por lo menos de tubo de 8 pulgadas de diámetro, cuando su longitud sea mayor de 300 metros
- d) Los anillos que contengan 4 o más hidrantes serán por lo menos de tubo de 8 pulgadas de diámetro.
- e) Los anillos que contengan 8 o más hidrantes serán de tubo de 10 pulgadas de diámetro.

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

#### **5.4.3 Redes de Tuberías.**

Se conoce como red, a un sistema de tuberías interconectadas entre sí, de tal manera que el gasto que se tiene a través de determinada salida, puede derivarse en diversos circuitos.

El sistema de distribución deberá estar integrado en lazos, de tal manera que cada área a proteger esté rodeada dentro de un sistema de tuberías en lazos, así el lazo puede proporcionar agua de varias direcciones al punto del incendio sin excesivas pérdidas de presión por fricción.

Este tipo de arreglos también aseguran una protección adecuada, en caso de que un tramo de la rejilla fuera dañada o estuviera fuera de operación o si el sistema fuera ampliado por una expansión futura de la planta.

El sistema deberá tener válvulas de seccionamiento en las intersecciones de la rejilla con indicadores de posición, de tal manera que cualquier punto del sistema pueda ser aislado para mantenimiento y el agua puede ser desviada al área en peligro.

#### 5.4.4 Arreglo del Sistema de Tuberías

En las zonas donde el clima lo permita y en las áreas fuera del límite de batería, se debe procurar que la red de agua contra incendio no se construya enterrada. Las tuberías de agua contra incendio, en este caso, se deben tender en trincheras poco profundas cubiertas con rejillas o sobre durmientes de concreto.

En aquellas zonas donde el clima lo haga necesario, para evitar la congelación del agua, la red de agua contra incendio se enterrará a 75 cm. de profundidad, en áreas acondicionadas fuera de las instalaciones. La fosa que aloje al tubo debe ser rellena con tierra que no contenga cenizas ni materiales corrosivos. La tubería misma se debe proteger previamente con el recubrimiento más adecuado para las condiciones del terreno.

Las líneas de agua contra incendio en las áreas fuera del límite de batería no deben pasar debajo de los edificios, ni de almacenamiento de materiales pesados.

Dentro del área de las instalaciones de proceso, la red de agua contra incendio debe construirse enterrada. En los terrenos de alta resistividad, esta red irá protegida con un recubrimiento adecuado y la fosa se debe rellenar con tierra que no contenga cenizas ni materiales corrosivos. En terrenos de baja resistividad, se deben construir trincheras de mampostería para recibir la línea de agua contra incendio; las tuberías se deben tender en este caso sobre soportes y las trincheras se deben rellenar con arenas de alta resistividad una vez que se haya tendido la línea, esta última se tiene que proteger con un recubrimiento adecuado.

En el área de las instalaciones, una vez rellenas las trincheras o fosas que alojen a la tubería de agua contra incendio, se cubrirán con el piso corrido del área.

Toda la tubería de agua contra incendio que se tienda a enterrar, se debe de pintar con pintura anticorrosiva y con pintura de aluminio o de color rojo, cada 40 o 50 metros, se pintará por lo menos un anillo de color rojo bermellón.

## 5.5 TIPOS DE TUBERIAS.

Las tuberías y conexiones para protección contra incendio deberá ser apropiada para soportar las presiones de trabajo y las condiciones de diseño bajo las cuales la tubería será instalada.

Las clases de tubería para presiones de trabajo arriba de 150 psig se usan de espesor grueso, normalmente se utiliza tubería cédula 40, con la finalidad de evitar fugas en caso de estar soportadas o enterradas en suelos corrosivos e inestables; en este caso se podrían utilizar de material flexible.

Los sistemas de tuberías pueden ser de acero, acero moldeado, concreto reforzado, asbesto o PVC. Los usos principales de estas tuberías son las siguientes:

### a) Tubería de Asbesto.

La tubería de asbesto se adapta para instalaciones donde las tuberías de tipo férroso sin recubrimiento de protección especial pueden ser atacados por suelos corrosivos o por electrólisis. Donde la tubería de asbesto puede ser quemada con suelos altamente ácidos o alcalinos, se deben recubrir para proteger adecuadamente las tuberías.

### b) Tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC).

Las presiones de la tubería de PVC son aceptables para el servicio de agua contra incendio. Esta tubería es especificada en situaciones donde los problemas de corrosión severas se pueden anticipar. Este tipo de tubería no es sujeta a corrosión por electrólisis.

Debido a su flexibilidad y a su alta resistencia al impacto, la tubería de PVC es fabricada normalmente con tres clases de presión (100, 150 y 200 psi). La designación de las clases de tuberías definen los "librajes" de presión máxima de trabajo.

La tubería de PVC es usada para la distribución de agua potable y son fabricadas en diámetros nominales de 4 a 12 pulg.

**c) Tubería de Hierro Moldeado.**

La tubería de hierro moldeado es usada en nuevas instalaciones y tiene limitada disponibilidad. Debe seleccionarse de acuerdo a la presión máxima de trabajo, tomando en consideración las presiones generadas por el régimen transiente.

**d) Tubería de Hierro Dúctil.**

El hierro dúctil tiene la misma resistencia a la corrosión del hierro moldeado y se aproxima al esfuerzo y ductibilidad del acero. El hierro dúctil es usado en lugar del acero moldeado.

Las conexiones de hierro moldeado es usado con tuberías de acero dúctil. La protección catódica o recubrimientos no se necesitan, excepto donde existan condiciones de extrema corrosión.

**e) Tubería de Acero.**

La tubería de acero de aceptable espesor de pared y fabricación, además recubierta, puede usarse para el servicio de agua con traíncendio, enterrada o para líneas de suministro en túneles y edificios. Debido a su alto esfuerzo a la tensión, la tubería de acero es particularmente apropiada donde puede estar expuesta a choques o a impactos de escaleras, caídas de material, etc. El gran esfuerzo a la tensión del acero es también ventajoso en suelos inestables y en pendientes pronunciadas.

**f) Tubería de Concreto Reforzado.**

La tubería de concreto es usada normalmente para cabezales arteriales y suministros grandes, pero no son normalmente usadas en sistemas de distribución. Los diámetros disponibles de tubería de concreto son arriba de 24 pulg.

## **5.8 CORROSION EN TUBERIAS.**

El agua es corrosiva en tubería de hierro moldeado, hierro dúctil y de acero. La velocidad de corrosión inicial para tubería de acero puede ser más rápida que para tubería de hierro, pero después de varios años expuesta, es muy poca la diferencia.

La corrosión externa en tubería de acero o hierro enterrada es la resultante directa de complicadas reacciones electroquímicas. El suelo contiene sales metálicas, ácidos u otras sustancias que en combinación con la humedad causan iones de acero que se separan de la tubería. La masa de metal en la superficie de la tubería es rebajada, y entonces esta llega a ser picada o corroída. La tubería de fierro o acero no debe instalarse bajo pilas de alquitrán, en cenizas o donde los ácidos, álcalis, salmuera, etc. puedan penetrar al suelo.

Cuando la corriente eléctrica libre es dudosa, la cantidad y origen se deben determinar por inspectores expertos en tierra. Si la corriente eléctrica no puede ser eliminada o desviada, si no esta corroída la tubería, se puede proteger por conexiones metálicas de baja resistencia directa en tierra.

Los métodos catódicos son ampliamente usados para la protección externa de cabezales de agua de acero. La protección catódica es una técnica de adicionar corriente eléctrica directa de un ánodo galvánico a la tubería enterrada. En muchas instancias, la protección catódica es más económica que el recubrimiento.

Un recubrimiento interno uniforme es necesario para minimizar las pérdidas de capacidad de transporte. Las tuberías enterradas necesitan un recubrimiento para la protección contra la corrosión del suelo. Las tuberías expuestas deben ser pintadas o protegidas de acuerdo a las condiciones atmosféricas.

## **5.7 DOCUMENTACION REQUERIDA.**

### **5.7.1 Plano de Localización General de Equipo.**

Es el plano donde se localizan todos los equipos del proceso, edificios, racks de tubería, etc., así como la lista de equipo con su descripción detallada.

Se emplea para localizar los monitores, hidrantes, aspersores, bombas, tanques y los trazos de tubería para suministro del agua contraincendio.

### **5.7.2 Plano de Tubería Subterránea.**

Es el plano donde se localizan todas las líneas subterráneas y ductos eléctricos.

Se emplea para localizar los trazos de tubería para suministro de agua contraincendio que necesite ser enterrada.

#### 5.7.3 Plano de Plantas y Elevaciones.

Es el plano donde se indican las plantas y elevaciones de todas las líneas de proceso y servicios auxiliares.

Se emplea para localizar los trazos de tubería de suministro de agua contraincendio que necesite ser aérea y utilizar los racks de tubería indicados.

#### 5.7.4 Plano de Plataformas y Escaleras de Equipo.

Es el plano donde se indican la localización y elevación de las plataformas y escaleras de los equipos.

Se emplea para localizar los trazos de tubería de los anillos de aspersión de agua contraincendio en equipos.

#### 5.7.5 Sustancias que Intervienen en la Planta.

Es necesario realizar una lista de todas las sustancias que intervienen en el proceso y en los servicios auxiliares de la planta, indicando su grado de toxicidad y peligrosidad.

Se emplea para definir los sistemas de protección de la planta.

#### 5.7.6 Hojas de Datos de Equipo.

En estas hojas se indica el tipo de fluido que se almacena, condiciones de operación y el aislamiento.

Se emplea para definir si requiere aspersión, y en caso de necesitarlo, verificar si el equipo tiene o no aislamiento para su instalación.

## 5.8 INFORMACION REQUERIDA.

Para realizar el diseño de la tubería de agua contraincendio se requiere contar con los siguientes datos necesarios para el uso de las ecuaciones apropiadas:

- Puntos de referencia hidráulicos.
- Flujo de agua, en gal/min o lt/min.
- Diámetro interior de la tubería y ramales, en pulg. o cm.
- Longitud de tramo recto de tubería y ramales, en pies o m.
- Longitud equivalente para accesorios y válvulas, en pulg. o cm.
- Pérdidas de presión por fricción, en psi o en Kg/cm<sup>2</sup>.
- Pérdidas de presión por elevación, en psi o en Kg/cm<sup>2</sup>.
- Presión requerida en cada punto de referencia, en psig o en Kg/cm<sup>2</sup>.
- Dispositivos a lo largo de la tubería.
- Tipo de boquillas de aspersión (si se adicionan).

## 5.9 CALCULO DE TUBERIA DE AGUA CONTRAINCENDIO.

### 5.9.1 Principios Teóricos.

El diseño de tuberías de agua contraincendio es semejante al que se utiliza para determinar las condiciones hidráulicas de cualquier tubería de una planta de proceso. En el cálculo de tuberías es importante establecer los principios teóricos fundamentales, con el fin de realizar un diseño adecuado en los sistemas de agua contraincendio.

La teoría del flujo de líquidos incluye el principio de continuidad. Esto incluye la continuidad de energía y de flujo, la cual es establecida significativamente por el teorema de Bernoulli.

El teorema de Bernoulli expresa la ley física de la conservación de la energía aplicada a problemas de flujo de fluidos incompresibles. El teorema se puede definir como sigue: "En flujo estacionario sin fricción, la suma de la carga de velocidad, presión y elevación es constante para cualquier partícula de fluido incompresible a lo

largo de su trayectoria". En otros términos, la presión total (carga) es la misma en cualquier lugar del sistema.

Los sistemas reales son con fricción, debido a que se encuentran pérdidas debido a la rugosidad de la tubería y a otros factores inherentes. La expresión matemática del teorema de Bernoulli, cuando se aplica a los puntos "A" y "B", es.

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\rho} + z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{P_B}{\rho} + z_B + h_{AB} \dots (5.1)$$

Donde:

- v = velocidad en ft/s (m/s)
- g = aceleración de la gravedad, 32 ft/s<sup>2</sup> (9.81 m/s<sup>2</sup>)
- P = presión, lb/ft<sup>2</sup> (Kg/cm<sup>2</sup>)
- z = carga por elevación, ft (m)
- $\rho$  = densidad del fluido, lb/ft<sup>3</sup> (g/cm<sup>3</sup>)
- $h_{AB}$  = pérdidas de carga entre los puntos "A" y "B", ft (m)

Las pérdidas de carga  $h_{AB}$  es la suma de las pérdidas hidráulicas donde el agua entra y sale a tanques, válvulas y accesorios, y a las pérdidas de presión por fricción en la tubería.

En el teorema de Bernoulli, todos los términos de carga usados como velocidad, presión, elevación y pérdidas, son expresadas en pies (m). Cuando se usa la velocidad en ft/s (m/s) y la presión en psi (Kg/cm<sup>2</sup>), todos se deben convertir en términos de longitud o de presión.

Cuando el agua fluye a través de una tubería, siempre existe una caída de presión. Estas pérdidas de carga entre dos puntos son causadas por la fricción entre el agua en movimiento y la pared de la tubería, y por la fricción existente entre las partículas del agua, incluyendo las producidas por la turbulencia cuando el flujo cambia de dirección o cuando existe un rápido incremento o disminución en la velocidad, como cambios abruptos en el diámetro de la tubería. Un cambio en velocidad representa la conversión de carga velocidad a carga de presión o viceversa.

### 5.9.2 Flujo de Agua en Tuberías.

En una tubería lisa, a velocidad baja, se produce muy poca turbulencia y el flujo es llamado laminar. Con esta condición, todas las partículas del agua se mueven a lo largo de la tubería en patrones definidos que son esencialmente líneas rectas, en capas concéntricas. Las pérdidas de fricción ocurren debido a los esfuerzos cortantes, entre las capas de la frontera a la pared del tubo y entre las capas adyacentes de la corriente. Las pérdidas de fricción son pequeñas comparadas con las producidas en flujo turbulento.

El flujo permanece laminar en tuberías lisas o rugosas, hasta que la velocidad alcanza una velocidad crítica. En este punto, existe un rango de inestabilidad del flujo, el cual ni es laminar ni es completamente turbulento. Esta es llamada la zona de transición.

A medida que el flujo se incrementa, llega la turbulencia. En el flujo turbulento el fluido se mueve en remolinos y las partículas individuales del agua se mueven rápidamente al azar en cualquier punto más que en línea recta.

Reynolds demostró que para cualquier líquido, el punto crítico al cual el flujo cambia de laminar a turbulento puede predecirse. En tuberías circulares, el punto crítico ocurre cuando el parámetro adimensional, llamado Número de Reynolds, es aproximadamente 2100. La transición a la zona de completa turbulencia es cuando el Número de Reynolds excede de 4000.

La expresión para el cálculo del Número de Reynolds, es la siguiente:

$$Re = 50.6 \frac{Q\rho}{D\mu} \quad \dots(5.2)$$

Donde:

- Q = flujo volumétrico, GPM
- $\rho$  = densidad del fluido, lb/ft<sup>3</sup>
- D = diámetro interno de la tubería, pulg.
- $\mu$  = viscosidad, cp

Muchos sistemas de protección de agua contra incendio y de distribución de agua funcionan bajo condiciones de flujo turbulento, y las pérdidas de fricción dentro de la tubería son importantes para establecer el comportamiento hidráulico del sistema.

Otras pérdidas son consideradas usualmente como pérdidas menores o pérdidas en conexiones.

### 5.9.3 Cálculo de las Pérdidas por Fricción en Tubería.

Los datos experimentales establecen que la resistencia del flujo en una tubería es:

- Independiente de la presión en la tubería.
- Proporcional a la cantidad y característica del flujo
- Variable con la velocidad del flujo.

Los siguientes modelos son los más comúnmente usados para el cálculo de las pérdidas de presión por fricción en tuberías de agua contraincendio.

#### A) Fórmula de Chezy:

Una de las más conocidas y viejas expresiones relacionan la velocidad con las pérdidas de fricción en la tubería, es conocida como la ecuación de Chezy:

$$v = c\sqrt{rs} \quad \dots(5.3)$$

Donde:

- v = velocidad del fluido
- c = factor que depende de la clase y rugosidad del fluido.
- r = radio hidráulico
- = área/circunferencia =  $d/4$
- d = diámetro de la tubería en ft (m)
- s = pendiente hidráulica
- =  $h/l$  = pendiente del gradiente hidráulico en el cual "h" es la pérdida de carga en "l" longitud de tubería en ft (m).

Por lo tanto:

$$v = c\sqrt{\frac{d}{4} \frac{h}{l}} \quad \dots(5.4)$$

$$h = \frac{4v^2 l}{c^2 d} \quad \dots(55)$$

**B) Fórmula de Darcy-Weisbach.**

Otra ecuación clásica del cálculo del factor de fricción, la cual es aplicable a tuberías largas, rugosas, rectas de diámetro uniforme, fue adscrita a Darcy, Manning, Fanning y otros. En la literatura moderna, la fórmula es derivada del análisis de fuerzas actuando en una partícula de agua fluyendo por una tubería.

Frecuentemente llamada ecuación de Darcy-Weisbach, la cual es una variación de la ecuación de Chezy, con un factor de fricción "f" reemplazando "c", y expresado como se indica a continuación:

$$h = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad \dots(56)$$

Donde:

- h = pérdidas de carga por fricción
- l = longitud de tubería
- d = diámetro de tubería
- v = velocidad de la tubería
- g = aceleración de la gravedad

La ecuación de Darcy-Weisbach es apropiada para todos los fluidos newtonianos (un fluido newtoniano es aquel donde la viscosidad es constante a una temperatura específica independiente de la presión y del flujo). El factor de fricción "f" es adimensional y variable, y depende de la rugosidad de la tubería y del número de Reynolds.

El valor del factor de fricción puede calcularse por la ecuación de Colebrook, la cual no es completamente empírica ni rigidamente teórica. Esta ecuación es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left\{ \frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right\} \quad \dots (5.7)$$

Donde:

- $\epsilon$  = rugosidad de la tubería
- $f$  = factor de fricción de Darcy
- $D$  = diámetro de tubería, en ft
- $\text{Re}$  = número de Reynolds

Otra forma de evaluar el factor de fricción puede ser por medio del diagrama de Moody (Figura 5.1); en el cual el factor de fricción  $f$  puede leerse directamente de la carta. El parámetro adimensional  $\epsilon/D$  es algunas veces difícil de obtener y es necesario asumir un valor dependiendo del material de la tubería a utilizar, este factor está basado en la experiencia y en datos experimentales. El factor de rugosidad de tubería nueva puede ser proporcionado por los fabricantes; usualmente el factor de rugosidad utilizado en tubería de acero al carbón es de 0.00015 pulg.

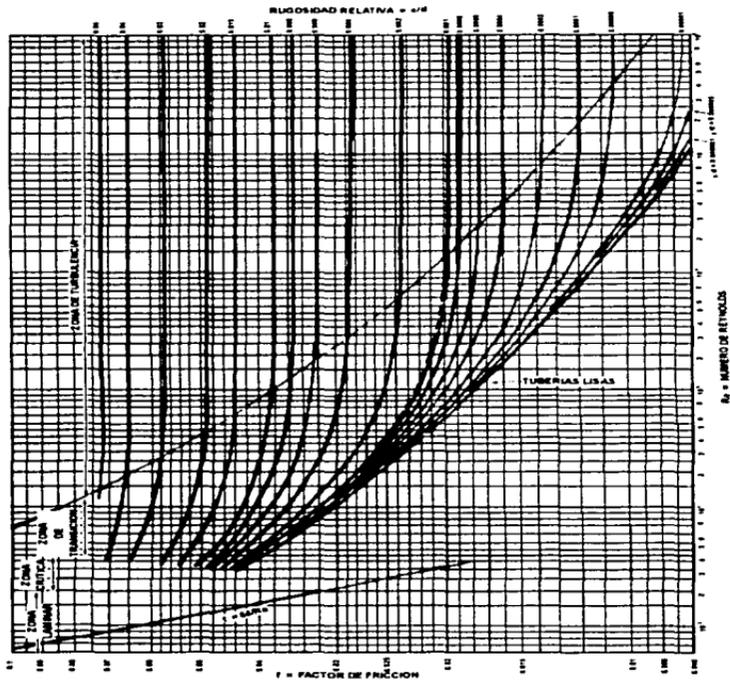
La ecuación (5.6) puede expresarse en términos de la presión, como se indica a continuación:

$$\Delta P_f = 2.16 \times 10^{-4} \frac{f_p Q^2 L}{D^5} \quad \dots (5.8)$$

Donde:

- $\Delta P_f$  = caída de presión, en psi
- $f$  = factor de fricción de Darcy
- $p$  = densidad del fluido, en lb/ft<sup>3</sup>
- $L$  = longitud de la tubería, en ft
- $D$  = diámetro de tubería, en pulg.

FIG. 5.1 FACTORES DE FRICCIÓN PARA TUBERÍA COMERCIAL.



### C) Fórmula de Hazen-Williams.

Las fórmulas de flujo comúnmente empleadas en la hidráulica para la protección contraincendio han sido desarrolladas en datos experimentales y en la experiencia. Estas ecuaciones (las cuales son variaciones de la ecuación de Chezy) son usualmente exponenciales en la forma:

$$v = C r^x s^y \quad \dots(5.9)$$

Donde:

- v = velocidad
- C = coeficiente de fricción
- r = radio hidráulico (área dividida por la circunferencia)
- s = pendiente hidráulica (pérdida de presión dividida por la longitud)

La ecuación exponencial más popular es la de Hazen-Williams, su forma básica es:

$$v = 1.31 C r^{0.63} S^{0.54} \quad \dots(5.10)$$

El factor de fricción en fórmulas de este tipo se mantiene constante para una rugosidad específica de tubería y además es independiente de la velocidad, por lo que la exactitud del resultado es variable. Sin embargo, los valores fijos generalmente establecidos para la viscosidad y la densidad son adecuados para sistemas hidráulicos de protección contraincendio.

La forma básica de la ecuación de Hazen-Williams no es tan práctica para el cálculo simple de sistemas de protección contraincendio. Ajustando la ecuación (5.10) en términos de caída de presión en psi y flujo en gal/min, se tiene la siguiente ecuación:

$$\Delta P = 4.52 \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \quad \dots(5.11)$$

Donde:

- $\Delta P$  = pérdida de presión (psi) por ft de tubería
- $Q$  = flujo de agua en GPM
- $d$  = diámetro interior de la tubería en pulg.

Si se expresa la ecuación (5 11) en términos del cálculo del flujo, se tiene:

$$Q = 0.442 C A f^{0.54} d^{2.63} \dots (5 12)$$

La ecuación de Hazen-Williams expresada en unidades del sistema internacional (SI) es:

$$\Delta P = 6.06 \times 10^{-4} \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \quad (5 13)$$

Donde:

- $\Delta P$  = pérdida de presión (kPa) por metro de tubería
- $Q$  = flujo de agua en LPM
- $d$  = diámetro interior de la tubería en mm.

El coeficiente "C" utilizado para calcular el gasto y la caída de presión, es el que se indica a continuación:

CLASE DE TUBERÍA	COEFICIENTE "C"
Tubería de fierro fundido, hierro o tubería de acero con superficie interior lisa.	120
Tubería nueva.	120
Tubería con 10 años de uso.	110
Tubería con 15 años de uso.	100
Tubería con 20 años de uso.	90
Tubería con 30 años de uso.	80
Tubería con 50 años de uso.	70
Tubería de plástico.	150
Tubería de cobre o acero inoxidable.	150
Tubería de asbesto.	140
Tubería de concreto reforzado.	140
Tubería galvanizada.	120

#### 5.9.4 Cálculo de las Pérdidas de Presión por Elevación.

Para conocer la presión en un punto dado de la tubería con elevación, considerar lo siguiente:

$$P_2 = P_1 - \Delta P - \Delta P_n \quad (5.14)$$

Donde:

- $\Delta P$  = pérdida de presión en tubería recta y accesorios
- $P_1$  = presión inicial en la tubería
- $P_2$  = presión final en la tubería
- $\Delta P_n$  = caída de presión por altura

El coeficiente "C" utilizado para calcular el gasto y la caída de presión, es el que se indica a continuación:

CLASE DE TUBERÍA	COEFICIENTE "C"
Tubería de hierro fundido, hierro o tubería de acero con superficie interior lisa.	120
Tubería nueva.	120
Tubería con 10 años de uso.	110
Tubería con 15 años de uso.	100
Tubería con 20 años de uso.	90
Tubería con 30 años de uso.	80
Tubería con 50 años de uso.	70
Tubería de plástico.	150
Tubería de cobre o acero inoxidable.	150
Tubería de asbesto.	140
Tubería de concreto reforzado.	140
Tubería galvanizada.	120

#### 5.9.4 Cálculo de las Pérdidas de Presión por Elevación.

Para conocer la presión en un punto dado de la tubería con elevación, considerar lo siguiente:

$$P_2 = P_1 - \Delta P - \Delta P_n \quad (5.14)$$

Donde:

- $\Delta P$  = pérdida de presión en tubería recta y accesorios
- $P_1$  = presión inicial en la tubería
- $P_2$  = presión final en la tubería
- $\Delta P_n$  = caída de presión por altura

La caída de presión por altura se presenta por la carga estática del fluido en tuberías verticales, la cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\Delta P_w = \frac{(h_1 - h_2)\rho}{1.44} \quad \dots(5.15)$$

Donde:

- $\Delta P_w$  = caída de presión por altura, en psi
- $h_1$  = altura inicial en la tubería, en ft
- $h_2$  = altura final en la tubería, en ft
- $\rho$  = densidad del fluido, en lb/ft<sup>3</sup>

#### 5.9.5 Cálculo de las Pérdidas de Presión por Accesorios

Además de las pérdidas de presión dentro de la tubería obtenidas por las ecuaciones anteriores, es importante considerar las pérdidas de presión que ocurren cuando el fluido tiene cambios de dirección, cambios de diámetro o en su paso se encuentra con válvulas y accesorios. A menudo no son tomadas en cuenta estos accesorios, pero llegan a ser importantes cuando se acumulan en la trayectoria de la tubería o se utilizan accesorios cuya pérdida de presión es importante, como es el caso de las válvulas check.

La determinación de estas pérdidas menores por accesorios pueden encontrarse en muchas referencias y frecuentemente son expresados de varias formas. Las más comunes son: longitud equivalente (L/D), coeficiente de resistencia (k) o como coeficiente de flujo (Cv).

##### A) Longitud Equivalente (L/D).

Para muchos cálculos de protección contraincendio, las pérdidas de fricción son obtenidas usando el método de longitud equivalente a través de tablas, tal como se muestra en la Tabla 5.1, en la cual se expresa la pérdida de fricción de los accesorios como una "longitud equivalente de tubería" teniendo las mismas pérdidas de fricción como los accesorios.

La suma de la longitud equivalente de todos los accesorios se adiciona a la longitud de tramo recto de tubería a la cual está conectada, y así obtener las pérdidas totales de fricción por tubería y accesorios.

TABLE No. 8.1 LONGITUDES EQUIVALENTE EN TUBERIA POR ACCESORIOS Y VALVULAS.

ACCESORIOS Y VALVULAS	LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA EXPRESADA EN PIES (ft)													
	3/4" (20 mm)	1" (25 mm)	1 1/4" (32 mm)	1 1/2" (40 mm)	2" (50 mm)	2 1/2" (65 mm)	3" (80 mm)	3 1/2" (90 mm)	4" (100 mm)	5" (125 mm)	6" (150 mm)	8" (200 mm)	10" (250 mm)	12" (300 mm)
CODO 90°	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4.0)
CODO 90° ESTANDAR	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3.1)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
CODO 90° RADIO LARGO	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4.0)	16 (4.9)	18 (5.5)
TE O CRUZ (FLUJO A 90°)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3.1)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.2)	35 (10.7)	50 (15.3)	60 (18.3)
VALVULA DE COMPUERTA	-	-	-	-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	8 (2.4)
VALVULA DE MANPOSA	-	-	-	-	8 (1.8)	7 (2.1)	10 (3.1)	-	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3.1)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
VALVULA CHECK (1)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (9.8)	45 (13.7)	55 (16.8)	65 (19.8)

(1) Debido a las variaciones en el diseño de las válvulas check, la longitud equivalente indicada es un promedio

Los valores de longitud equivalente de tubería deben ser usados para constantes de Hazen y Williams C = 120.  
Para otros valores de C, el dato de longitud equivalente debe multiplicarse por los factores indicados a continuación.

VALOR DE C	80	100	120	130	140	150
MULTIPLICAR POR EL FACTOR	0.472	0.713	1.00	1.16	1.32	1.51

## B) Coeficientes de Resistencia (k).

Los coeficientes de resistencia son usados algunas veces para expresar las pérdidas de carga en un accesorio como una función de la velocidad, de acuerdo a la siguiente relación:

$$h = k \frac{v^2}{2g} \quad \dots(5.16)$$

Donde:

- h = pérdidas de carga por fricción
- k = coeficiente de resistencia
- v = velocidad en la tubería
- g = aceleración de la gravedad

La longitud equivalente y el coeficiente de resistencia se pueden relacionar. Usando la ecuación básica (5.6) de Darcy-Weisbach:

$$h = f \frac{1}{d} \frac{v^2}{2g} = k \frac{v^2}{2g}$$

o bien:

$$k = f \frac{1}{d} \quad \dots(5.17)$$

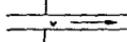
Muchas pérdidas de entrada y/o salida de tubería son calculadas usando coeficientes de resistencia. En la Figura 5.2 se indican los coeficientes de resistencia para algunas condiciones de entradas, salidas, reducciones y accesorios.

**FIG. 8.2 COEFICIENTES DE PERDIDAS DE FRICCION**

PERDIDAS DE PRESION =  $h = k \frac{v^2}{2g}$



**ENTRADA CON BORDE RECTO**  
 $k = 0.5$

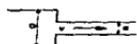


**TUBERIA PROYECTADA**  
 $k = 0.5 - 1.0$



**TUBERIA REDONDEADA**

$r/d$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
$k$	0.20 - 0.25	0.09 - 0.17	0.08	0.05	0.04



**REDUCCION SUBITA**

$D/d$	1.1	1.5	2.0	3.0	10.0
$k$	0.18	0.28 - 0.30	0.36 - 0.40	0.42 - 0.50	0.50

USAR  $k$  CON LA VELOCIDAD DE LA TUBERIA MAS PEQUEÑA



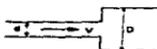
**REDUCCION GRADUAL**

$$k = 0.05 \quad \beta = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\text{Si } \phi \leq 45^\circ \quad k = \frac{0.8 \text{ Sen } \frac{\phi}{2} (1 - \beta^2)}{\beta^4}$$

$$\text{Si } \phi > 45^\circ \quad k = \frac{0.5 (1 - \beta^2) \sqrt{\text{Sen } \frac{\phi}{2}}}{\beta^4}$$

USAR  $k$  CON LA VELOCIDAD DE LA TUBERIA MAS GRANDE



**EXPANSION SUBITA**

$d/D$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$k$	0.58	0.92	0.93	0.71	0.58	0.41	0.28	0.13	0.04



**EXPANSION GRADUAL**

$$\beta = \frac{d}{D}$$

$$\text{Si } \phi \leq 45^\circ \quad k = \frac{2.8 \text{ Sen } \frac{\phi}{2} (1 - \beta^2)}{\beta^4}$$

$$\text{Si } \phi > 45^\circ \quad k = \frac{(1 - \beta^2)}{\beta^4}$$

USAR  $k$  CON LA VELOCIDAD DE LA TUBERIA MAS GRANDE

## B) Coeficientes de Flujo (Cv).

Donde las pérdidas de presión en un accesorio son determinadas por un coeficiente de flujo (Cv), este coeficiente es definido como el flujo de agua que producirá una pérdida de presión conocida (usualmente 1 psi) a través de un accesorio. La relación es expresada de la siguiente manera:

$$Q = C_v \sqrt{h} \quad \dots(5.18)$$

Sustituyendo P/w por h, y resolviendo para la presión en psig, tenemos:

$$P = 0.433 \frac{Q^2}{C_v^2} \quad \dots(5.19)$$

El coeficiente de flujo puede mostrarse relacionando el coeficiente de resistencia k con la expresión siguiente:

$$C_v = \frac{29.9d^2}{\sqrt{k}} \quad \dots(5.20)$$

Para conocer la caída de presión a través de un hidrante, se debe considerar este como un arreglo de tubos y accesorios. En este caso, se determina la longitud equivalente de los accesorios involucrados en el tramo recto de tubería y proceder como se indica en los incisos anteriores. Para facilitar el cálculo, se debe seccionar el hidrante en partes sencillas.

Para el caso de monitores, proceder de igual manera, incluyendo, en este caso, la torrecilla y la boquilla de aspersión.

En el caso de la descarga de una boquilla de aspersión la caída de presión puede ser calculada como un accesorio, como se indica en la siguiente relación:

$$Q = K \sqrt{\Delta P} \quad \dots(5.21)$$

Donde:

- Q** = flujo de agua de la boquilla  
**K** = coeficiente de resistencia, proporcionado por el fabricante de la boquilla

## 5.10 CALCULO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIO.

Se conoce como red, a un sistema de tuberías interconectadas entre sí, de tal manera que el gasto que se tiene a través de determinada salida, puede derivarse en diversos circuitos.

Problemas de esta naturaleza, suelen ser complicados, por lo que es necesario buscar soluciones tentativas, para las cuales los circuitos elementales queden balanceados, para que posteriormente se encuentren las soluciones completas que satisfagan todas las condiciones de flujo.

En una red de tuberías se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- a) La suma algebraica de las caídas de presión en un circuito deberá ser cero.
- b) El gasto volumétrico que llega a cada unión debe ser igual al que sale de ella (ecuación de continuidad).
- c) Para cada tubería se debe satisfacer una ecuación de fricción del tipo exponencial (Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, etc); con esto se pretende, que para cada tubería se debe mantener la relación adecuada entre la pérdida de carga y gasto.

Como es poco práctico resolver problemas de redes a través de métodos analíticos, comúnmente se utilizan métodos de aproximaciones sucesivas.

### 5.10.1 Ecuaciones Básicas.

Partiendo de la ecuación de Hazen-Williams, indicada con anterioridad en la sección 5.9.3, se tiene:

$$v = 131C r^{0.61} S^{0.54}$$

$$Q = 0.442 C \Delta P^{0.54} d^{2.61} \dots (5.22)$$

se puede representar como:

$$Q = K_2 D^{2.61} h^{0.54} \dots (5.23)$$

sea  $K_3$  una constante evaluable e igual a  $K_2 D^{2.61}$  entonces de la ecuación 5.23 es:

$$Q = K_3 h^{0.54} \dots (5.24)$$

si se despeja h:

$$h = \left( \frac{Q}{K_3} \right)^{1.85} \dots (5.25)$$

sea

$$K = \left( \frac{1}{K_3} \right)^{1.85}$$

entonces la ecuación (5.25), queda finalmente en:

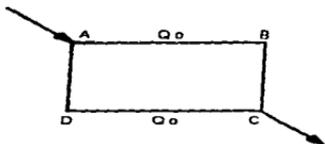
$$h = K Q^{1.85} \dots (5.26)$$

Esta expresión es la base para la resolución de redes de tubería por el método de Hardy-Cross, en base a la ecuación de Hazen-Williams.

El método de Hardy-Cross, consiste en suponer flujos en todas las ramificaciones de la red y a continuación hacer un balance de las pérdidas de fricción calculadas.

### 5.10.2 Modelo Matemático.

Tomando como base el lazo o circuito único mostrado en la siguiente figura:



En este caso, para que los flujos en cada ramal del lazo sean correctos se habrá de verificar lo siguiente:

$$h_{ABC} = h_{ADC} \quad \text{o} \quad h_{ABC} - h_{ADC} = 0 \quad \dots (5.27)$$

como se suponen los flujos  $Q_0$ , el flujo verdadero  $Q$  deberá expresarse como:

$$Q = Q_0 + \Delta \quad \dots (5.28)$$

donde  $\Delta$  es la corrección que ha de aplicarse a  $Q_0$ , así partiendo de la ecuación (5.26) y desarrollando el binomio:

$$h = KQ^{1.85} = K(Q_0 + \Delta)^{1.85}$$

$$h = K(Q_0^{1.85} + 1.85Q_0^{1.85-1.0}\Delta + \dots) \quad \dots (5.29)$$

Despreciando los términos restantes después del segundo término por pequeño  $\Delta$ , comparado con el valor de  $Q_0$ , y si se sustituye la ecuación 5.29 en la ecuación 5.27, se tiene:

$$K(Q_0^{1.85} + 1.85Q_0^{0.85}\Delta)_{ABC} - K(Q_0^{1.85} + 1.85Q_0^{0.85}\Delta)_{ADC} = 0$$

$$K(Q_0^{1.85}_{ABC} - Q_0^{1.85}_{ADC}) + 1.85K(Q_0^{0.85}_{ABC} - Q_0^{0.85}_{ADC})\Delta = 0$$

$$\Delta = \frac{-K(Q_0^{1.85}_{ABC} - Q_0^{1.85}_{ADC})}{1.85K(Q_0^{0.85}_{ABC} - Q_0^{0.85}_{ADC})} \quad \dots(5.30)$$

Generalizando:

$$\Delta = \frac{-\Sigma K Q_0^{1.85}}{1.85 \Sigma K Q_0^{0.85}} \quad \dots(5.31)$$

pero como  $h = KQ_0^{1.85}$  y  $(h / Q_0) = KQ_0^{0.85}$  por lo tanto:

$$\Delta = \frac{-\Sigma(h)}{1.85 \Sigma(h / Q_0)} \quad \dots(5.32)$$

para cada lazo de la red.

### 5.10.3 Método de Cálculo.

El método de cálculo se puede resumir como sigue:

- a) Se toma como base la ecuación (5.11) de Hazen-Williams, mostrada en la sección 5.9.3, para calcular la pérdidas de presión en cada ramificación.

$$\Delta P = 4.52 \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}}$$

El valor inicial de Q será el valor supuesto Q<sub>0</sub>, para cada ramal.

- b) Se evalúa la caída de presión total (h), considerando la longitud total de cada ramal.

$$h = (\Delta P)L$$

- c) Si  $\Sigma h$  no es igual a cero, entonces se determina  $h / Q_0$  para cada ramificación y se procede a calcular  $\Delta$ , por medio de la ecuación (5.32)

$$\Delta = \frac{-\Sigma(h)}{1.85 \Sigma(h / Q_0)}$$

Entre más grande sea el valor de  $\Sigma h$ , se estará más alejado de los valores de Q.

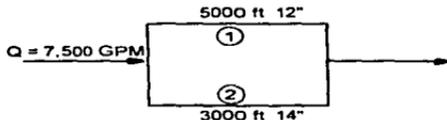
- d) Con  $\Delta$  calculada y el flujo Q<sub>0</sub>, se estima el nuevo flujo supuesto para cada ramificación.

$$Q = Q_0 + \Delta$$

- e) Se inicia el mismo procedimiento señalado desde el inciso (a). El cálculo terminará cuando  $\Sigma h$  se aproxima a cero.

#### 5.10.4 Ejemplo de Aplicación en Redes Sencillas.

Sea el siguiente sistema sencillo de red:



En el cual se debe estimar el flujo que pasa a través de cada ramal, considerando tubería de acero al carbón con un coeficiente C de 120.

a) Cálculo de las pérdidas de presión por ramal.

Se supone un flujo inicial de  $Q_0 = 3000$  GPM, para el ramal 1.

$$\text{Ramal 1: } \Delta P = 4.52 \frac{3000^{1.85}}{120^{1.85} 12^{4.75}} = 0.00968 \text{ psi}$$

$$\text{Ramal 2: } Q = 7500 - 3000 = 4500 \text{ GPM}$$

$$\Delta P = 4.52 \frac{4500^{1.85}}{120^{1.85} 14^{4.75}} = 0.00967 \text{ psi}$$

b) Cálculo de las pérdidas de presión total.

$$\text{Ramal 1: } h = (0.00968)(5000) = 48.4 \text{ psi}$$

$$\text{Ramal 2: } h = (0.00967)(3000) = 29.01 \text{ psi}$$

c) Cálculo de  $\Delta$ .

$$\Delta h = 48.4 - 29.01 = 19.39 \text{ psi} \neq 0$$

Ramal 1:  $h/Q_0 = 48.4 / 3000 = 0.01613$

Ramal 2:  $h/Q_0 = 29.01 / 4500 = 0.00645$

$$\Delta = \frac{-\sum h}{1.85 \sum (h/Q_0)} = \frac{-19.39}{1.85(0.01613 + 0.00645)} = -464.17$$

d) Cálculo del nuevo  $Q_0$  supuesto.

$$Q = Q_0 + \Delta = 3000 + (-464.17) = 2535.83 \text{ GPM}$$

Resumiendo en una tabla se tiene:

RAMAL	D (pulg)	L (ft)	$Q_0$ (GPM)	$\Delta P$ (PSI)	h (PSI)	$h/Q_0$	$\Delta$ (GPM)	$Q_0^*$ (GPM)
1	12	5000	3000	0.00968	48.4	0.01613	-464.17	2535.8
2	14	3000	4500	0.00967	29.01	0.00645	-464.17	4964.2
				$\Sigma$	19.39	0.02258		7500

d) Con el nuevo  $Q_0$  supuesto, se sigue iterando hasta tener  $\Delta h = 0$ .

RAMAL	D (pulg)	L (ft)	$Q_0$ (GPM)	$\Delta P$ (PSI)	h (PSI)	$h/Q_0$	$\Delta$ (GPM)	$Q_0^*$ (GPM)
1	12	5000	2500	0.00691	34.55	0.01382	18.13	2518.13
2	14	3000	5000	0.01175	35.25	0.00705	18.13	4981.87
				$\Sigma$	-0.70	0.02087		7500

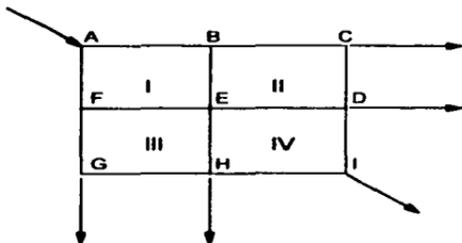
Por lo tanto, los flujos finales aproximadamente son:

Ramal 1:  $Q = 2520 \text{ GPM}$

Ramal 2:  $Q = 4980 \text{ GPM}$

### 5.10.5 Metodología para Redes Complejas.

Sea el siguiente sistema complejo de redes:



Partiendo del método empleado para el cálculo de una red sencilla, la metodología puede resumirse como se indica a continuación:

- a) Se suponen los flujos iniciales, procediendo circuito por circuito (en este caso los circuitos son I, II, III y IV.).

Se tiene que tener cuidado en que los flujos que lleguen a cada nodo sea igual al valor de la suma de los flujo salientes del mismo nodo (principio de continuidad).

- b) Para cada lazo se calculan las pérdidas de presión en cada una de las tuberías del circuito.

- c) Se suman las pérdidas de carga en cada circuito en el sentido de las manecillas del reloj, teniendo en cuenta la colocación correcta de los signos algebraicos; si la dirección del flujo es contraria al sentido de las manecillas del reloj, el valor del flujo se considerará negativo.

- d) Si  $\Sigma h$  es o se aproxima al valor de cero, los flujos supuestos  $Q_0$  serían los correctos.
- e) Se suman los valores de  $h/Q_0$ , calculando a continuación el término  $\Delta$  de corrección en los flujos para cada lazo.
- f) Se corrige el flujo en cada una de las tuberías en  $\Delta$ , con lo que se aumenta o disminuye en esa cantidad cada flujo  $Q$  supuesto.

Para los casos en que una tubería pertenece a dos circuitos, debe aplicarse la diferencia entre los  $\Delta$  calculados en cada circuito relacionado, como corrección al flujo supuesto en esta tubería.

- g) Se continúa en forma análoga hasta que los valores de los  $\Delta$  sean despreciables.

#### 5.10.6 Ejemplo de Aplicación en Redes Complejas.

Sea el siguiente sistema complejo de redes:



En este arreglo se debe estimar el flujo que pasa a través de cada tubería, considerándola de acero al carbón con un coeficiente C de 120.

Para iniciar el cálculo, se suponen los siguientes flujos iniciales:

TRAMO	AB	BC	FE	ED	GH	HI	AF	FG	BE	EH	CD	DI
Qo (GPM)	2500	1500	2000	1675	700	400	4000	2000	1000	1000	850	900

Resumiendo los cálculos iniciales, se tienen las siguientes tablas por cada circuito.

LOOP	TRAMO	D (pulg)	L (ft)	Qo (GPM)	$\Delta P$ (PSI)	h (PSI)	h/Qo	$\Delta$ (GPM)	Qo (GPM)
I	AB	20	3000	2500	0 00057	1 71	0 00068	283 64	2783 64
	BE	16	4000	1000	0 00031	1 24	0 00124	283 64 - 595 53 = -311 89	688 11
	EF	26	3000	-2000	-0 00113	-3 39	0 00170	283 64 + 192 77 = 476 41	-1523 59
	FA	24	3000	-4000	-0 00056	-1 68	0 00042	283 64	-3716 36
	$\Sigma$					-2 12	0 00404		

LOOP	TRAMO	D (pulg)	L (ft)	Qo (GPM)	$\Delta P$ (PSI)	h (PSI)	h/Qo	$\Delta$ (GPM)	Qo (GPM)
II	BC	20	3000	1500	0 00022	0 66	0 00044	595 53	2095 53
	CD	16	4000	850	0 00023	0 92	0 00108	595 53	1445 53
	DE	12	3000	-1675	-0 00329	-9 87	0 00589	595 53 + 267 79 = 863 32	-821 68
	EB	18	4000	-1000	-0 00031	-1 24	0 00124	595 53 - 283 64 = 311 89	-688 11
	$\Sigma$					-9 53	0 00865		

LOOP	TRAMO	D (pulg)	L (ft)	Qo (GPM)	$\Delta P$ (PSI)	h (PSI)	N/Qo	$\Delta$ (GPM)	Qo (GPM)
III	FE	16	3000	2000	0 00113	3 39	0 00170	-192 77 - 283 64 = -476 41	1523 59
	EH	12	4000	1000	0 00127	5 08	0 00508	-192 77 + 257 79 = 65 02	1065 02
	HG	16	3000	-700	-0 00018	-0 48	0 00069	-192 77	-892 77
	GF	16	4000	-2000	-0 00113	-4 52	0 00226	-192 77	-2192 77
$\Sigma$						3 47	0 00973		

LOOP	TRAMO	D (pulg)	L (ft)	Qo (GPM)	$\Delta P$ (PSI)	h (PSI)	N/Qo	$\Delta$ (GPM)	Qo (GPM)
IV	ED	12	3000	1675	0 00329	9 87	0 00589	-257 79 - 505 53 = -763 32	821 68
	DI	12	4000	900	0 00104	4 16	0 00462	-257 79	642 21
	IH	12	3000	-400	-0 00023	-0 69	0 00173	-257 79	-657 79
	HE	12	4000	-1000	-0 00127	-5 08	0 00508	-257 79 + 192 77 = -65 02	-1065 02
$\Sigma$						8 28	0 01732		

Los flujos supuestos inicialmente se sustituyen por los calculados, repitiendo el método indicado. La iteración termina cuando  $\Sigma h$  tiende al valor de cero o los valores de  $\Delta$  sean despreciables con respecto a los flujos propuestos al inicio del cálculo.

Después de la cuarta iteración, se tienen los siguientes resultados:

LOOP	TRAMO	D (pulg)	L (ft)	Qo (GPM)	$\Delta P$ (PSI)	h (PSI)	N/Qo	$\Delta$ (GPM)	Qo (GPM)
I	AB	20	3000	2910	0 00078	2 28	0 00078	8 00	2918.00
	BE	16	4000	770	0 00019	0 76	0 00099	8 00 - 12 87 = -4 87	760 87
	EF	26	3000	-1385	-0 00057	-1 71	0 00123	8 00 + 9 77 = 17 77	-1367.23
	FA	24	3000	-3590	-0 00046	-1 38	0 00038	8 00	-3582.00
$\Sigma$						-0 05	0 00338		

LOOP	TRAMO	D (pulg)	L (ft)	Q <sub>o</sub> (GPM)	ΔP (PSI)	h (PSI)	h/Q <sub>o</sub>	Δ (GPM)	Q <sub>o</sub> (GPM)
II	BC	20	3000	2140	0 00043	1 29	0 00060	-12 87	2127 13
	CD	18	4000	1490	0 00085	2 60	0 00174	-12 87	1477 13
	DE	12	3000	-875	-0 00089	-2 97	0 00339	-12 87 - 1 49 = -14 36	-889 36
	EB	18	4000	-770	-0 00019	-0 76	0 00099	-12 87 - 8 00 = -20 87	-790 87
Σ						0 16	0 00672		

LOOP	TRAMO	D (pulg)	L (ft)	Q <sub>o</sub> (GPM)	ΔP (PSI)	h (PSI)	h/Q <sub>o</sub>	Δ (GPM)	Q <sub>o</sub> (GPM)
III	FE	18	3000	1385	0 00057	1 71	0 00123	-9 77 - 8 0 = -17 77	1367 23
	EH	12	4000	955	0 00118	4 64	0 00486	-9 77 - 1 49 = -11 26	943 74
	HG	18	3000	-905	-0 00028	-0 78	0 00086	-9 77	-914 77
	GF	18	4000	-2205	-0 00135	-5 40	0 00245	-9 77	-2214 77
Σ						0 17	0 00940		

LOOP	TRAMO	D (pulg)	L (ft)	Q <sub>o</sub> (GPM)	ΔP (PSI)	h (PSI)	h/Q <sub>o</sub>	Δ (GPM)	Q <sub>o</sub> (GPM)
IV	ED	12	3000	875	0 00099	2 97	0 00339	1 49 + 12 87 = 14 36	889 36
	DI	12	4000	740	0 00073	2 92	0 00395	1 49	741 49
	IH	12	3000	-560	-0 00043	-1 29	0 00230	1 49	-558 51
	HE	12	4000	-955	-0 00116	-4 64	0 00486	1 49 + 9 77 = 11 26	-943 74
Σ						-0 04	0 01450		

Finalmente los flujos calculados son los siguientes:

TRAMO	AB	BC	FE	ED	GH	HI	AF	FG	BE	EH	CD	DI
Q (GPM)	2920	2130	1365	885	915	560	3580	2215	790	945	1480	740

## CAPITULO VI

### SELECCION DE SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA CONTRA INCENDIO.

Una bomba contraincendio es un sistema reforzador especializado que reúne los requerimientos mínimos establecidos por el código National Fire Protection Association (NFPA) para este tipo de equipo.

Las bombas contraincendio son usadas para realzar la presión disponible de suministro de agua a las plantas de proceso, ya sea del servicio público, de tanques por gravedad, de depósitos y de otras fuentes. Las primeras bombas modernas que se utilizaron fueron del tipo reciprocante con ruedas y manubrios, accionadas por bandas de maquinaria tipo molino. Si la operación de la instalación se suspendía durante un incendio, entonces las bombas no podían operar y las hacían inadecuadas.

Con el tiempo, se necesitaron mejores medios para el suministro de agua, como con los sistemas de rociadores automáticos que son cada vez más comunes, por lo que las bombas de molino fueron reemplazadas por bombas rotatorias o de desplazamiento, accionadas por maquinaria de fricción desde un nivel de agua horizontal suministrándole la energía necesaria para su ingreso a las instalaciones. Como el vapor fue el medio más usual para transmitir energía, las bombas reciprocantes de vapor se adoptaron para la protección contraincendio. Por muchos años, las unidades de vapor duplex, de doble acción, fueron universalmente aceptadas como las bombas contraincendio estándares.

Actualmente, las bombas centrifugas son las más comunes. Su tamaño compacto, disponibilidad, fácil mantenimiento, sus características hidráulicas y la gran variedad de accionadores (motores eléctricos, turbinas de vapor y motores de combustión interna) han hecho que las bombas de vapor sean obsoletas, aunque no del todo extinguidas.

#### 6.1 SISTEMAS DE BOMBEO.

El sistema de bombeo es un componente importante en el diseño de los sistemas de agua contraincendio. Es un sistema que proporciona la cantidad de agua que se requiere a una presión determinada de acuerdo a las necesidades particulares y contra el riesgo mayor en las plantas de proceso.

Quando un proceso precisa la instalación de una bomba, lo primordial es el diseño de la instalación; la cual se debe estudiar con mucho cuidado, con el fin de evitar detalles en contra, prestando especial atención a las líneas de succión, evitando bolsas de aire, exceso y mala disposición de codos, sobredimensionamiento de la tubería, etc.

A continuación se inicia el cálculo del sistema, teniendo muy presente que los datos sean los más exactos en cuanto a capacidades, presiones necesarias a la descarga, fluctuaciones de nivel o presión en la succión, recorrido geométrico de la tubería, densidad del fluido, viscosidad, temperatura, presión de vapor y cualquier otro parámetro que pueda influir en el diseño y selección del sistema de bombeo.

En el caso de sistemas de bombeo de agua contraincendio, el diseño se simplifica dado que el fluido en cuestión es el agua, cuyas propiedades son conocidas, pero se deberá aplicar una mayor atención, para cumplir con los parámetros mínimos establecidos en los códigos de protección contraincendio.

Las necesidades totales para determinar la capacidad de bombeo, se deben establecer del análisis de los requerimientos particulares del sistema. Con la finalidad de tomar una decisión en cuanto al número de bombas y al tipo de accionador, se deberán considerar los siguientes planteamientos generales.

- Los riesgos de la fuente de energía en caso de un incendio.
- La frecuencia y duración de las interrupciones de la energía.
- La capacidad y duración de suministro externo de energía, en caso de interrupción de la energía interna durante un incendio.
- El uso de vapor o de energía externa, si la energía es cortada durante un incendio.
- El uso del tipo de combustible adecuado (diesel, gasolina o gas) si se utiliza un accionador de combustión interna.

## 6.2 TIPOS DE BOMBAS.

Una bomba es un dispositivo empleado para la transferencia de líquidos de un lugar a otro a través de tuberías. Esta transferencia se realiza mediante la adición de energía, la cual va acompañada por un incremento en elevación y/o presión. Dependiendo del principio empleado para la adición de dicha energía, las bombas se clasifican en:

- Bombas Centrifugas.
- Bombas Periféricas.
- Bombas de Desplazamiento Positivo.
- Bombas Especiales.

#### 6.2.1 Bombas Centrifugas.

Transforman la energía cinética debida a la fuerza centrífuga en energía de presión. Dependiendo del tipo de flujo se clasifican en bombas de:

- Flujo Radial.- Son diseñadas para incrementos de presión con flujos relativamente pequeños. El líquido es empujado en las direcciones correspondientes a los radios del círculo descrito por los impulsores en su giro.
- Flujo Axial.- Son diseñadas para pasar flujos relativamente grandes a incrementos pequeños de presión. Debido a que los impulsores asemejan hélices, el líquido fluye sobre las aletas paralelo al eje de rotación del impulsor.
- Flujo Mixto.- Es una combinación de los dos tipos anteriores y proporciona incrementos de presión moderados a flujos moderados

Además cada uno de los tipos anteriores pueden ser bombas horizontales o verticales, dependiendo de la posición del eje de rotación y de uno o varios pasos.

#### 6.2.2 Bombas Periféricas.

También llamadas de turbina regenerativa tienen un impulsor con pequeñas aletas alternadas en la parte extrema del impulsor con lo cual se combinan los efectos de la fuerza centrífuga con los efectos del desplazamiento de las aletas.

#### 6.2.3 Bombas de Desplazamiento Positivo.

Se dividen en dos clases principales:

##### a) Bombas Rotatorias.

En estas bombas el desplazamiento del líquido es producido por la rotación de uno o más elementos situados en un cuerpo estacionario.

Dependiendo del tipo de elemento giratorio pueden ser de engranes, de levas y pistones, de espas, de tornillo, de lóbulos, etc.

**b) Bombas Reciprocantes.**

El desplazamiento del líquido se logra por medio del movimiento alternado de un elemento a través de un compartimiento fijo.

Estas bombas pueden ser de pistón, de émbolo, de diafragma, etc.

**6.2.4 Bombas Especiales.**

Dentro de este grupo quedan las bombas que funcionan con principios diferentes a los indicados.

**a) Bombas por Acción de Arrastre de Fluido.**

En este tipo de bombas se emplea como elemento de arrastre un gas comprimido o un líquido a presión.

**b) Bombas de Ariete Hidráulico.**

Su funcionamiento se basa en el principio del golpe de ariete.

**c) Bombas Electromagnéticas.**

Emplean para su funcionamiento el mismo principio que los motores eléctricos, se utilizan para manejar metales líquidos.

**6.3 PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA BOMBA.**

Las partes de una bomba dependen de su construcción y tipo, por esta razón existe un sin número de piezas (Figura 6.1). En general, las partes que constituyen una bomba son:

a).- **Extremo Líquido.** Son todas las partes en contacto con el líquido.

- Carcaza.
- Carga de succión.
- Impulsor.
- Anillos.
- Camisa de flecha.
- Jaula de sello.
- Sello.

b).- **Elementos de Soporte y Transmisión.**

- Soporte.
- Flecha.
- Baleros.
- Tapas.

### 6.3.1 Carcaza.

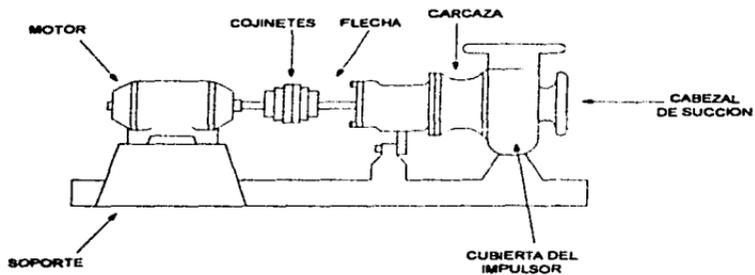
La función de la carcaza en una bomba centrífuga es convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante la reducción en la velocidad por un aumento gradual del área.

Existen diversos tipos de carcaza que dependen de la manera de efectuar la conversión de energía, de su construcción, de sus características de succión, del número de pasos, etc.

Entre las más comunes es la carcaza tipo voluta, la cual es llamada así por su forma de espiral. Su área se incrementa a lo largo de los 360° que rodean al impulsor hasta llegar a la garganta de la carcaza donde se conecta con la descarga.

La carcaza tipo difusor consiste en una serie de aspas fijas que además de hacer el cambio de energía de velocidad a presión, guían el líquido de un impulsor a otro.

**FIG. 6.1 PARTES DE UNA BOMBA.**



### **6.3.2 Impulsores.**

**El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga. Recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba.**

**Los impulsores se clasifican según el tipo de succión, la forma de las aspas, la dirección del flujo, la construcción mecánica y la velocidad específica.**

### **6.3.3 Anillos de Desgaste.**

**La función del anillo de desgaste es el tener un elemento fácil y barato de remover en aquellas partes en donde, debido a las cerradas holguras que se producen entre el impulsor que gira y la carcasa fija, la presencia del desgaste es casi segura. En esta forma, en lugar de tener que cambiar todo el impulsor o toda la carcasa, solamente se quitan los anillos, los cuales pueden estar montados a presión en la carcasa o en el impulsor, o en ambos.**

### **6.3.4 Estoperos, Empaques y Sellos.**

**La función de estos es evitar el flujo hacia afuera, del líquido bombeado a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba y el flujo de aire hacia el interior de la bomba.**

### **6.3.5 Flechas.**

**La flecha de una bomba centrífuga es el eje de todos los elementos que giran en ella, transmitiendo además el movimiento que le imparte la flecha del motor.**

**En el caso de una bomba centrífuga horizontal, la flecha es una sola pieza o lo largo de toda la bomba. En el caso de bombas de pozo profundo, existe una flecha de impulsores y después una serie de flechas de transmisión unidas por un cople, que completan la longitud necesaria desde el cuerpo de tazones hasta el cabezal de descarga.**

**Las flechas generalmente son de acero, modificándose únicamente el contenido de carbono, según la resistencia que se necesite. En el caso de bombas de pozo profundo las flechas de impulsores son de acero inoxidable con 13% de cromo, en**

tanto que las flechas de transmisión son de acero con 0.38 a 0.45 de carbono, rolado en frío y rectificado.

### 6.3.8 Cojinetes.

El objeto de los cojinetes es soportar la flecha de todo el rotor en un alineamiento correcto en relación con las partes estacionarias. Por medio de un correcto diseño soportan las cargas radiales y axiales existentes en la bomba.

Los soportes pueden ser en forma de bujes de material suave, con aceite a presión que centra la flecha o bien los baleros comunes y corrientes, que pueden ser de bolas en sus variantes de una hilera, dos hileras, autolineables, etc., o bien pueden ser del tipo de rodillos.

El lubricante que se use en los cojinetes depende de las condiciones específicas de operación. Cuando se maneja agua a temperatura ambiente, la grasa es el lubricante generalmente usado y sólo se maneja aceite cuando las bombas van a trabajar con líquidos muy calientes, los cuales al transmitir su calor a la flecha, podrían licuar la grasa.

## 6.4 BOMBAS CENTRIFUGAS CONTRA INCENDIO.

Una característica sobresaliente de las bombas centrifugas horizontales y verticales es la relación flujo/presión de descarga inversamente proporcional a una velocidad constante, de tal manera que al aumentar la presión el flujo disminuye. Con las bombas de desplazamiento, el flujo puede mantenerse contra cualquier presión a la potencia adecuada para operar la bomba a una velocidad determinada; existiendo la restricción de que la bomba, conexiones y tubería deben resistir la presión máxima.

Las bombas horizontales y verticales de fábrica están disponibles en capacidades de 25 a 5,000 GPM (95 a 18,925 LPM). Los rangos de presión varían de 40 a 395 psi (3 a 30 Kg/cm<sup>2</sup>) para bombas horizontales y de 26 a 510 psi (2 a 36 Kg/cm<sup>2</sup>) en bombas verticales.

El diseño de las bombas centrifugas horizontales contra incendio incluyen del tipo de succión y/o descarga horizontal, en línea, de cubierta dividida (cuerpo horizontal y vertical) y verticales. Las bombas verticales son bombas centrifugas con uno o más impulsores descargando a uno o más tazones y una columna que conecta los tazones al cabezal de descarga, en donde el accionador de la bomba es montado.

El tamaño de una bomba centrífuga horizontal es generalmente el diámetro de la descarga. Sin embargo, algunas veces se indica el tamaño con respecto al diámetro de la succión y descarga. En la bomba vertical, el tamaño es referenciado con el diámetro de los tazones de la bomba.

#### 6.4.1 Principios de Operación

Los dos componentes mayores de una bomba centrífuga son un disco llamado impulsor y la cubierta en la cual rota. La bomba opera convirtiendo la energía cinética a energía de velocidad y presión.

La energía del accionador, que puede ser un motor eléctrico, un motor de combustión interna o una turbina, es transmitida directamente a la bomba a través de la flecha, rotando el impulsor a alta velocidad. La vía en que la energía es convertida varía con la clase de la bomba, la cual puede ser de flujo radial o flujo mixto. Estas bombas son identificadas por la dirección del flujo a través del impulsor con referencia al eje de rotación.

Las bombas de flecha horizontal de una etapa y voluta con doble succión son las más empleadas para el servicio de protección contraincendio y de uso comercial. En estas bombas, el flujo de agua de la succión se divide y entra al impulsor de cada lado, a través de una abertura llamada ojo. La rotación del impulsor maneja el agua por la fuerza centrífuga desde el ojo a la orilla y a través de la voluta de la cubierta a la descarga de la bomba. La energía cinética adquirida por el agua en su paso por el impulsor es convertida a energía de presión por la reducción gradual de la velocidad en la voluta.

#### 6.4.2 Bombas Multietapas.

Para dar una presión alta, se pueden ensamblar dos o más impulsores y cubiertas en una sola, como una unidad sencilla, formando una bomba multietapa. La descarga de la primera etapa entra en la succión de la segunda etapa, la descarga de la segunda etapa entra a la succión de la tercera etapa, y así para las etapas restantes. La capacidad de la bomba es la manejada en la primera etapa, la presión es la suma de las presiones individuales de cada etapa menos las pérdidas por fricción.

Estas bombas son usadas cuando los requerimientos de espacio son limitados o de eficiencia mayores.

#### 6.4.3 Bombas de Servicio de Alta Presión.

Las bombas de etapa sencilla se pueden diseñar para el servicio de alta presión incrementando el diámetro del impulsor o la velocidad; o bien, instalarse en serie para lograr la presión necesaria.

#### 6.4.4 Bombas en Paralelo.

Las bombas en paralelo son usadas cuando los requerimientos de flujo son altos, de tal forma que una bomba normal no puede cumplir con la eficiencia y ser económicas. En este caso, dos o más bombas se pueden alimentar a un cabezal distribuidor y descargar a un cabezal común.

#### 6.4.5 Curvas Características de Bombas.

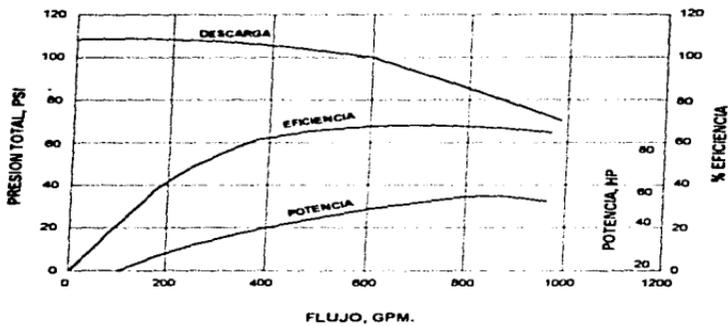
Las curvas características típicas de una bomba centrífuga horizontal o vertical (Figura 6.2) contienen la siguiente información:

- Carga total contra flujo (pies de fluido o presión vs. GPM).
- Potencia contra flujo.
- Eficiencia contra flujo.

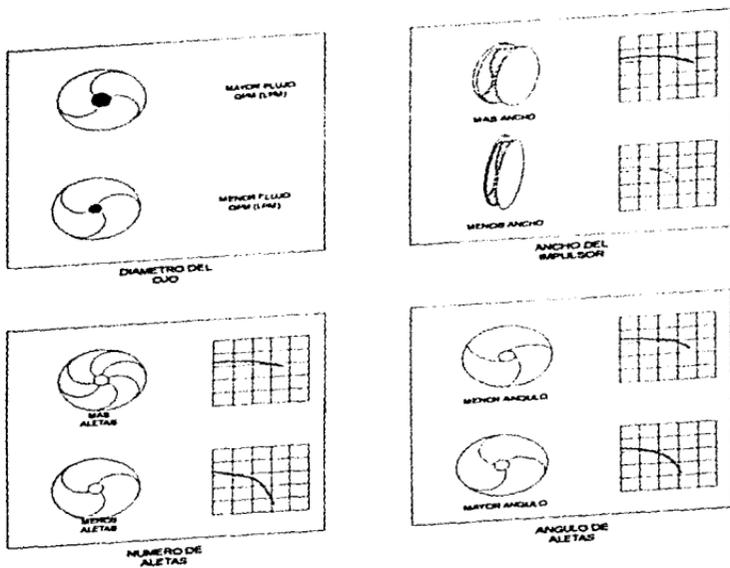
Estas curvas asumen que la bomba opera a una velocidad constante en revoluciones por minuto (RPM). En servicio real, la velocidad del accionador puede variar con los cambios en la carga.

Los rangos de flujo y presión de bombas comerciales se establecen en base a la eficiencia y velocidad deseada. Los impulsores pueden diseñarse para dar una curva de operación plana, mediana o en etapas, de acuerdo al uso requerido. La Figura 6.3 muestra como la curva de operación carga-flujo es afectada por el diámetro del ojo del impulsor, el ancho del impulsor, el número de aletas y la forma o ángulo de las aletas.

FIG. 6.2 CURVA CARACTERISTICA DE BOMBAS



**FIG. 6.3 EFECTO DEL IMPULSOR EN LAS CURVAS DE BOMBAS CONTRAINEENDIO.**



#### 6.4.6 Carga Total.

La carga total de una bomba es la energía impartida al líquido cuando pasa a través de la bomba. Puede expresarse en unidades de presión, generalmente en psig o Kg/cm<sup>2</sup>, o bien en unidades de longitud de líquido medido verticalmente en pies o metros.

La carga total es calculada sustrayendo la energía en el líquido de llegada de la energía en el líquido de descarga. La carga total (H) de una bomba es calculada por la fórmula:

$$H = h_d + h_{vd} - h_s - h_{vs} \dots (6.1)$$

Donde:

- H = carga total, ft (m)
- $h_d$  = carga de descarga, ft (m)
- $h_{vd} = \frac{v_d^2}{2g}$  = carga velocidad de descarga, ft (m)
- $h_s$  = carga de succión, ft (m)
- $h_{vs} =$  carga velocidad de succión, ft (m)
- $v_d$  = velocidad promedio, ft/seg (m/seg)
- g = aceleración de la gravedad, 32 ft/s<sup>2</sup> (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Si la entrada y salida tienen el mismo diámetro, no existen diferencias entre las velocidades de succión y descarga, por lo cual en el cálculo pueden despreciarse.

Para una bomba vertical, la presión de descarga es tomada en la salida del último tazón. La presión de descarga en la brida de la bomba es igual a la presión de salida del último tazón menos los efectos de la presión por columna hidrostática menos las pérdidas de presión por fricción. En algunos casos estas pérdidas pueden ser tan pequeñas que pueden despreciarse.

#### 6.4.7 Potencia y Eficiencia.

La potencia aplicada a la bomba es expresada en caballos de fuerza con el símbolo HP. Debido a las diversas pérdidas dentro de la bomba únicamente una fracción de esta potencia (70% a 90%) es adicionada al fluido en la tubería. La eficiencia total de la bomba se expresa de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{H_T Q \rho_r}{3960 \text{HP}} \quad \dots (6.2)$$

Donde:

$\eta$  = eficiencia  
 $H_T$  = carga total, ft  
 $Q$  = flujo, GPM  
 $\rho_r$  = densidad relativa  
 HP = potencia, HP

Las pérdidas que reducen la potencia de la bomba a la potencia final adicionada al fluido es el resultado de varias causas: existen pérdidas mecánicas causadas por la fricción en cojinetes, sellos y empaques; pérdidas resultantes del bombeo de agua inerte detrás del impulsor (fricción del disco); pérdidas hidráulicas en la entrada de la bomba, impulsor y en la sección de difusión a la salida; pérdidas debido a fugas invertidas del punto de alta presión al de baja presión en el impulsor a través de hendiduras generadas por el desgaste de anillos. Todas estas causas extraen energía y reducen la eficiencia de la bomba.

Este valor es estimado de diferentes pruebas de laboratorio para numerosas condiciones de operación. El valor recomendado generalmente oscila entre el 60% al 80%.

#### 6.4.8 Velocidad Específica.

La velocidad específica es un número que relaciona la carga, capacidad y velocidad de una bomba centrífuga para propósitos de diseño. La velocidad específica son las revoluciones por minuto de un impulsor geoméricamente similar que descargue 1 GPM (3.8 LPM) a 1 ft (0.30 m) de carga total. La fórmula es la siguiente:

$$N_s = \frac{N \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad \dots (6.3)$$

Donde:

- N<sub>s</sub> = velocidad específica, RPM
- N = velocidad, RPM
- Q = flujo, GPM
- H = carga, ft (m)

Cuando los valores de carga, velocidad y flujo en la fórmula corresponden a un funcionamiento de bomba a óptima eficiencia, la velocidad específica es un índice del tipo de bomba a usar. Los impulsores para cargas altas generalmente tienen bajas velocidades específicas y viceversa.

Una bomba de baja velocidad específica opera satisfactoriamente con una profundidad de succión más grande que una bomba de la misma carga y capacidad con alta velocidad específica. La velocidad específica es una guía útil para determinar la elevación de succión máxima o mínima.

#### 6.4.7 Carga de Succión Neta Positiva (NPSH).

La carga de succión neta positiva (NPSH) es la carga de presión que causa el líquido al fluir a través de la tubería y accesorios de succión en el ojo del impulsor de la bomba. La presión de succión dependerá de la naturaleza del suministro

Si la bomba se abastece de un estanque, pozo abierto o depósito descubierto, donde el nivel del agua está por debajo de la bomba, la carga de succión es la presión atmosférica menos la elevación. Si el nivel de agua está por arriba de la bomba, la carga de succión es la presión atmosférica más la presión estática.

Existen dos clases de NPSH a considerar. El NPSH requerido (NPSH<sub>R</sub>) de la bomba es función del diseño de la bomba y varía con la capacidad, velocidad y diseño de la bomba; las curvas de NPSH contra capacidad pueden obtenerse de los fabricantes de bombas. El NPSH disponible (NPSH<sub>D</sub>) es función del sistema en el cual la bomba opera y puede calcularse fácilmente.

La expresión para el cálculo del NPSH disponible de la bomba es:

$$NPSH_D = \frac{(P_a - P_v) 2.31}{\rho} + h_s - h_f \quad \dots (6.4)$$

Donde:

- NPSH = carga de succión neta positiva, ft de líquido
- $P_a$  = presión de succión, psi
- $P_v$  = presión de vapor, psi
- $\rho_r$  = densidad relativa
- $h_s$  = carga estática, ft
- $h_f$  = pérdidas por fricción, ft

Para cualquier instalación de bombeo, el NPSH<sub>D</sub> debe ser igual o mayor que el NPSH<sub>R</sub> de la bomba a las condiciones de operación. Una práctica común para asegurar la funcionalidad de la bomba se recomienda que el NPSH<sub>D</sub> sea mayor o igual al NPSH<sub>R</sub> más 2 ft de columna de líquido.

$$\text{NPSH}_D > \text{NPSH}_R + 2 \text{ ft} \dots(6.5)$$

#### 6.4.8 Cavitación.

La cavitación es un fenómeno complejo que puede ocurrir en bombas o en otros equipos hidráulicos. Cuando el líquido fluye por la succión de la bomba centrífuga y entra al ojo del impulsor, la velocidad aumenta y la presión disminuye. Si la presión cae por debajo de la presión de vapor correspondiente a la temperatura del líquido, se formarán burbujas de vapor y al alcanzar la región de alta presión, se colapsarán causando ruido y vibración.

Diversas pruebas realizadas han demostrado que las presiones altas instantáneas se pueden desarrollar de esta manera, pudiendo picar varias partes del impulsor y la cubierta de la bomba. Si la cavitación es mediana causará mucho ruido; mientras que la cavitación severa puede reducir la eficiencia y hacer que la bomba falte si no es corregida a tiempo.

#### 6.4.9 Leyes de Afinidad.

Los principios de similitud hidráulica tienen una importante aplicación en situaciones de bombeo a velocidad constante. Los principios de afinidad permiten predecir cargas, descargas y potencia sobre un amplio rango de velocidades cuando se utiliza como información básica una sola velocidad.

Las relaciones matemáticas entre carga, capacidad, potencia y diámetro del impulsor son llamadas leyes de afinidad. La ley 1 asume un diámetro del impulsor constante con cambios de velocidad. La ley 2 asume velocidad constante con cambios en el diámetro del impulsor. Estas leyes son expresadas de la siguiente forma:

$$\text{Ley 1} \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} \quad \frac{HP_1}{HP_2} = \frac{N_1^3}{N_2^3} \quad \dots(6.6)$$

$$\text{Ley 2} \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{D_1^2}{D_2^2} \quad \frac{HP_1}{HP_2} = \frac{D_1^3}{D_2^3} \quad \dots(6.7)$$

Donde:

- D = flujo, GPM (LPM)
- H = carga, psi (Kg/cm<sup>2</sup>) o ft (m)
- N = velocidad, RPM
- HP = potencia, HP

La ley 1 aplica a tipos comunes de bombas, incluyendo bombas centrífugas horizontales y verticales. La ley 2 aplica en bombas con comportamiento cercano entre lo calculado y lo probado. Generalmente, las bombas con bajas velocidades específicas muestran un comportamiento más cercano que con velocidades altas.

Las leyes de afinidad se aplican cuando los cambios propuestos en una instalación de bombeo contraincendio aumentan la velocidad o se eleva significativamente la presión de succión. Velocidades más grandes incrementan la demanda de potencia y la alta presión de descarga puede ser indeseable. En algunos casos es preferible recortar el impulsor o instalar un reductor de velocidades entre la bomba y el motor.

## 6.5 CRITERIOS DE DISEÑO DE BOMBAS.

Las bombas contraincendio son diseñadas para proporcionar máxima seguridad, características específicas de carga-capacidad neta y ser económicas. Las bombas contraincendio son equipos que la mayor parte del tiempo están inactivas, excepto en inspecciones periódicas y en pruebas.

Un sistema de bombeo de agua contra incendio debe ser simple, cubriendo las necesidades del sistema. La flexibilidad de bombas múltiples y la confiabilidad del sistema de agua contra incendio se deben considerar.

De manera general las bombas de una etapa, doble succión y flujo dividido son preferidas para muchas aplicaciones. Existen varios tipos de bombas para su elección y dependerá del caso particular para determinar el mejor sistema a utilizar.

Se deben instalar bombas tipo vertical y/o centrífuga horizontal de caja bipartida, dependiendo de las condiciones de succión. Las bombas contra incendio se diseñan de acuerdo a lo indicado en el código NFPA-20 "Instalación de Bombas Contra incendio Centrífugas".

El agua contra incendio debe ser bombeada por bombas centrífugas que tengan una curva de operación con característica relativamente plana (Figura 6.4). La forma de la curva de operación está limitada de acuerdo a los puntos siguientes:

**a) Paro.**

Con la bomba operando a una velocidad y a válvula de descarga cerrada, la presión desarrollada por una bomba horizontal, no deberá exceder el 120% ó 140% de su presión nominal. El punto de paro representa la máxima presión permisible de la bomba.

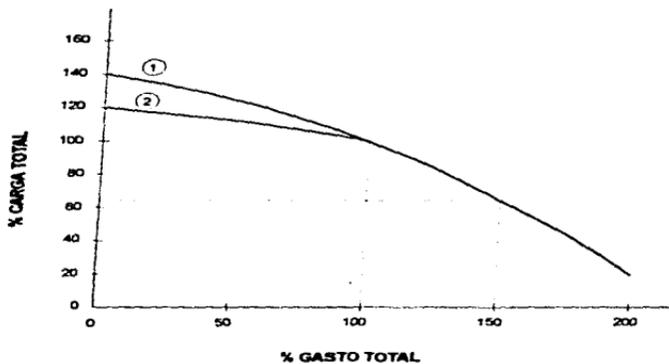
**b) Rango.**

La curva de operación deberá pasar a través o por arriba de los puntos nominales de capacidad y presión.

**c) Sobrecarga.**

Las bombas deben tener la capacidad de proporcionar cuando menos el 150% de su gasto nominal operando como mínimo al 65% de su presión nominal.

**FIG. 6.4 CURVA CARACTERISTICA PARA BOMBAS CONTRAINCENDIO.**



**NOTAS:**

EN ESTA CURVA SE INDICAN LOS PUNTOS MAS IMPORTANTES QUE DEBEN CUMPLIR LAS BOMBAS EN CUANTO A CARGA Y COSTO.

- ① BOMBA VERTICAL
- ② BOMBA HORIZONTAL

### **6.5.1 Bombas Horizontales.**

Las bombas contraincendio horizontales deben usarse para operar bajo una presión de succión positiva, es decir cuando el nivel mínimo de succión esté por arriba del eje de la bomba, especialmente con arrancadores automáticos o remotos. Si el suministro de agua es tal que la elevación de la succión no se puede evitar, como en aquellos casos en que se debe extraer el agua de pozos profundos, cisternas, etc., se recomienda usar bombas tipo vertical.

Las bombas centrífugas horizontales utilizadas son del tipo de flujo dividido o de succión lateral, estas últimas son fabricadas bajo especificación ANSI y limitadas a capacidades de 500 GPM (1893 LPM) No existe limitante en las capacidades de las bombas de flujo dividido, siendo la capacidad máxima comercial de 5,000 GPM (18,925 LPM).

En el caso de succionar de ríos, estanques y otros depósitos abiertos de agua, es apropiado colocar rejillas en la bocatoma, con aberturas para evitar la entrada de peces, conchas y materia extraña al sistema contraincendio. Generalmente, se adiciona una válvula de pie en la succión con el diseño adecuado, para evitar estos problemas.

Existen diversos dispositivos auxiliares que tienen un importante apoyo para la completa funcionalidad de la bomba, los cuales son los siguientes:

#### **a) Válvulas de Relevo.**

Son necesarios en la línea de descarga de la bomba cuando la operación presenta una presión en exceso. Las bombas con motor de velocidad variable necesitan válvulas de relevo donde es posible exceder la presión máxima del equipo de protección.

Cada bomba deberá estar provista con una válvula de alivio ajustada por debajo de la presión de cierre de la bomba, es decir a la presión de succión mínima esperada, calibrada al 10% del gasto mínimo recomendado por el fabricante para evitar un posible sobrecalentamiento de la bomba. La disposición de la descarga de la válvula de alivio se realiza directamente al drenaje.

Las válvulas de relevo deberán localizarse entre la bomba y la válvula check a la descarga de la misma y ser instaladas de modo que puedan moverse para repararlas sin causar disturbios en la tubería.

**b) Válvulas de Purga.**

Las válvulas de purga son usadas en las pruebas de las bombas y del sistema de protección. Las válvulas son adheridas al cabezal de descarga de las bombas y localizadas para evitar daños en la bomba, motor y controlador.

Normalmente son de 2 1/2 pulg. El número de válvulas que normalmente son requeridas depende de la capacidad de la bomba, de acuerdo a la siguiente relación:

CAPACIDAD (GPM)	No DE VALVULAS
250	1
500	2
750	3
1,000	4
1,500 - 2,000	6
2,500	8
3,000 - 3,500	12
4,000 - 4,500	16

**c) Válvulas de Alivio para Recirculación.**

Son necesarias para bombas que puedan arrancarse en forma automática o por control remoto. Su función es abrir ligeramente abajo de la presión de ajuste cuando hay poca descarga, así que el agua suficiente se releva para prevenir sobrecalentamiento en la bomba.

Estas válvulas no son necesarias en bombas donde el agua de enfriamiento se toma de la descarga de la bomba. Las bombas verticales no requieren de este dispositivo.

**d) Válvulas de Extracción de Aire.**

Son válvulas que extraen automáticamente el aire, se deberán tener en las bombas de controladores automáticos y su diámetro no será menor de 1 1/2 pulg.

## **6.5.2 Bombas Verticales.**

Las bombas verticales pueden ser usadas para bombear directamente de corrientes de agua, estanques, depósitos y pozos; además de ser manejadas como servicio de reforzamiento.

Este tipo de bombas fueron originalmente diseñadas para bombear agua de pozo profundo. Como bombas contraincendio son recomendadas donde el nivel mínimo de succión está por debajo de la bomba, debiendo tener en cuenta que los impulsores de la bomba deben colocarse abajo del nivel dinámico.

La succión directa de pozos no es recomendable para servicio contraincendio, aunque es aceptable si se realiza la adecuación y confiabilidad de la instalación completa de acuerdo al código NFPA-20. En muchas ocasiones el costo de la instalación de la bomba de pozo profundo es muy alto, especialmente si el nivel de bombeo a flujo máximo es más de 50 ft (15 m) abajo del nivel de piso terminado, el límite máximo es de 200 ft (60 m).

Una bomba vertical contraincendio típica consiste esencialmente de un motor, cabezal de descarga y una columna, una flecha, tazonos ensamblados conteniendo los impulsores y un filtro de succión. El principio de operación es comparable con el de las bombas horizontales.

El segundo impulsor del fondo de ensamble del tazón debe ponerse 10 ft. abajo del nivel de bombeo del agua a 150% de capacidad. La mínima sumergencia debe incrementarse 1 ft. por cada 1,000 ft de elevación arriba del nivel del mar.

Algunas bombas verticales son instaladas en una cubierta llamada cubeta para instalaciones que manejan alta presión. Estas bombas tienen la misma capacidad estándar que las bombas horizontales, no así las presiones de descarga. Realizando el cambio del número de etapas o el diámetro de los impulsores, el fabricante puede proporcionar una presión de descarga específica a las condiciones de operación requeridas a velocidad normal.

## **6.6 REQUERIMIENTOS DE BOMBEO.**

### **6.6.1 Capacidad de Bombeo.**

La capacidad de las bombas debe ser tal que permita mantener los gastos y las presiones requeridas para combatir el incendio de un riesgo mayor existente en la instalación. La capacidad nominal de las bombas que se instalan pueden ser de 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000 y 2500 GPM (66, 132, 200, 265, 400, 530 y 660

LPM) cada una. Generalmente, las capacidades indicadas pueden ser suministradas por dos bombas. Los sistemas de 2000 a 6000 GPM se requieren tres bombas y arriba de 6000 GPM se requieren cuatro bombas.

Las bombas son diseñadas para proporcionar la capacidad con un factor de seguridad (150% de capacidad al 65% de la presión nominal) para protección adicional en caso de una demanda de agua más grande que la esperada.

La presión de descarga se fija por la mínima presión requerida en el extremo del sistema para la operación de los equipos de seguridad, más las pérdidas de presión en el sistema. La presión de la descarga debe ser mayor de 100 psig (7.0 Kg/cm<sup>2</sup>); la presión residual al punto extremo debe ser 70 psig (5.0 Kg/cm<sup>2</sup>).

La capacidad nominal de las bombas contraincendio que se usan para protección de las instalaciones de proceso, está de acuerdo a la siguiente relación.

CAPACIDAD DE LA BOMBA		DIAMETRO NOMINAL MINIMO (PULG)		
(GPM)	(LT/MIN)	SUCCION	DESCARGA	VALVULA DE ALIVIO
25	95	1	1	3/4
50	189	2	2	1 1/4
100	379	2	2	1 1/2
150	568	3	3	2
200	757	3	3	2
250	946	4	3	2
300	1,136	4	4	2 1/2
400	1,514	4	4	3
450	1,703	6	6	3
500	1,892	6	6	3
750	2,839	6	6	4
1,000	3,785	8	6	4
1,250	4,731	8	8	6
1,500	5,677	8	8	6
2,000	7,570	10	10	6
2,500	9,462	10	10	6
3,000	11,355	12	12	8
3,500	13,247	12	12	8
4,000	15,140	14	12	8
4,500	17,032	16	14	8
5,000	18,925	16	14	8

La capacidad total de bombeo debe ser tal, que el número máximo de tomas de agua para manguera que estime necesario utilizar en forma simultánea, no sea mayor que el calculado de la siguiente relación, descontando la cantidad de agua que se prevea utilizar simultáneamente en instalaciones fijas de aspersores:

CAPACIDAD (GPM)	Nº DE TOMAS (MANGUERA DE 2 1/4 PULG.)
250	1
500	2
750	3
1,000	4
1,500	6
2,000	6
2,500	8

#### 6.6.2 Bombas Jockey.

Las bombas de mantenimiento de la presión de baja capacidad, llamadas bombas jockey, se usan para conservar la presión de la red de agua contraincendio cuando esta no se utiliza. La capacidad de esta bomba será la suficiente para mantener presurizado el sistema en caso de presentarse alguna fuga, dependiendo del tamaño y distribución de la planta.

Cualquier bomba que reúna los requerimientos de presión puede ser usada. La bomba debe ser capaz de operar con una caída de presión abajo de la presión de corte de la bomba principal.

Las bombas reforzadoras deben ser del tipo centrífugo. Se deben instalar en la descarga de las bombas contraincendio principales. Estas deben proporcionar una presión de descarga suficiente para mantener la presión requerida por la red contraincendio.

En lugar de una bomba jockey, se puede utilizar una conexión transversal derivada del sistema de agua del proceso para presurizar el sistema contraincendio. Para prevenir el retroceso del flujo de agua se puede instalar una válvula check en la conexión. Cualquier uso externo del sistema de agua contraincendio causará pérdidas al sistema de agua del proceso.

### 6.6.3 Succión y Descarga de Bombas.

El tubo de succión de la bomba debe tener el diámetro necesario para que pueda circular 150% del gasto total con una velocidad máxima de 5 ft/seg (1.5 m/seg). Además, es recomendable que la presión manométrica en la succión de la bomba no sea menor de 0 psig, cuando las bombas estén operando al 150% de la capacidad nominal.

Este tubo debe ser tan corto y recto como sea posible entre el tanque de almacenamiento y la bomba, evitando codos y accesorios, procurando que las conexiones resulten perfectamente selladas y evitando la formación de bolsas de aire y de vórtice. Se debe procurar que se tenga profundidad suficiente del cárcamo de succión, de manera que siempre se encuentre abajo del nivel mínimo del agua durante la operación de bombeo.

Cuando haya necesidad de usar reducciones en las líneas de succión horizontal, estas deben ser excéntricas colocadas con la parte recta hacia arriba.

En la succión de la tubería de suministro o de un tanque de almacenamiento, se podrán instalar dispositivos para activar una alarma en caso de que la presión de succión de la bomba o el nivel de agua sea inferior a un mínimo predeterminado.

El tubo de descarga de la bomba debe tener el diámetro necesario para que pueda circular 150% del gasto total con una velocidad máxima de 20 ft/seg (6.2 m/seg).

En la línea de descarga de la bomba y en el sentido del flujo, se debe instalar una válvula de retención seguida de una válvula de compuerta, de preferencia de vástago ascendente. 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 la presión máxima esté dentro de la mitad de la escala del manómetro.

### 6.6.4 Sistemas de Relevo.

Toda instalación debe tener dos sistemas de bombeo, uno para servicio normal y otro para servicio de relevo; cada uno de ellos debe tener una fuente de suministro de energía diferente.

Se debe considerar que la capacidad de bombeo puede proporcionarse por una o más unidades de bombeo consideradas como de operación normal, y que por lo menos se tenga una unidad para servicio de relevo.

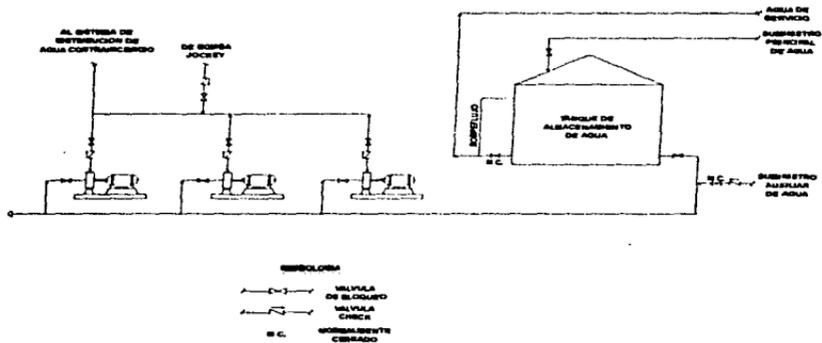
Es preferible proporcionar dos estaciones de bombeo separadas para situaciones donde más de cuatro bombas son requeridas y la planta es relativamente grande.

El número de bombas de relevo recomendadas se determinará en base a la cantidad de bombas a utilizar; de manera general, se usará una bomba de relevo cuando se tengan hasta 3 bombas y 2 relevos cuando se usen más de 3 bombas.

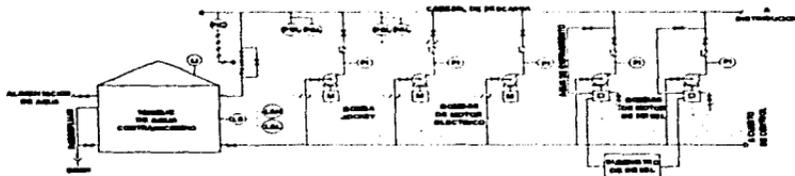
La configuración del sistema de bombeo consistente de tres o más bombas generalmente puede requerir que únicamente las primeras dos bombas arranquen automáticamente conforme disminuya la presión del sistema. Se deberá tener cuidado de sistemas que requieran un flujo de agua inmediato. Las bombas restantes requeridas para abastecer monitores y mangueras pueden ser arrancadas manualmente.

Todas las bombas con traíncendio deben probarse regularmente para asegurar su disponibilidad. Esto es aplicable en bombas manejadas por máquinas de combustión interna. Un arreglo típico de un sistema de bombeo de agua con traíncendio se muestra de manera general en la Figura 6.4. En la Figura 6.5 se muestra la tubería e instrumentación necesaria para un sistema de agua con traíncendio.

**FIG. 6.5 ESQUEMA GENERAL DE BOMBEO DE AGUA CONTRA INCENDIO.**



**FIG. 6.6 ESQUEMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION PARA UN SISTEMA CONTRA INCENDIO.**



**LEYENDA**

- LINEA DE AGUA
- - - - - LINEA DE GAS
- ..... LINEA ELÉCTRICA
- VALVULA DE CONTROL
- VALVULA DE SERVIDOR
- VALVULA CHECK
- L1 SERVIDOR DE NIVEL
- LAL ALARMA POR ALTO NIVEL
- LAL ALARMA POR BAJO NIVEL
- PE INDICADOR CONTROLADO DE PRESION
- PI INDICADOR PRESION
- PEL ALARMA POR ALTA PRESION
- PSL ALARMA POR BAJA PRESION

## 6.7 CALCULO DE BOMBAS CONTRAINCENDIO.

El diseño de bombas contraincendio es semejante al que se utiliza para determinar las condiciones hidráulicas de la tubería contraincendio, tanto en la succión como en la descarga, así como las ecuaciones utilizadas para el cálculo de una bomba, las cuales fueron descritas en la sección 6.4.

Los siguientes cálculos se deben realizar para el diseño de una bomba contraincendio:

- Cálculo de las pérdidas de presión por fricción en la descarga.

$$h_D = (L + L_{EQ}) \frac{\Delta P_{100}}{100} \quad \dots (6.9)$$

- Cálculo de las pérdidas de presión por fricción en la succión.

$$h_S = (L + L_{EQ}) \frac{\Delta P_{100}}{100} \quad \dots (6.10)$$

- Cálculo de la altura manométrica o carga total (altura hasta donde se pretende bombear el agua).

$$H_T = (P_F - P_I + h_S + h_D) \times \frac{2.31}{\rho} + \Delta Z \quad \dots (6.11)$$

- Cálculo de la potencia.

$$HP = \frac{H_T Q \rho}{3960 \eta} \quad \dots (6.12)$$

- Cálculo de la carga neta positiva de succión (NPSH).

$$NPSH_D = \frac{(P_S - P_V) \times 2.31}{\rho} + Z_1 - h_S \dots (6.13)$$

Donde:

$h_D$	=	pérdidas de presión por fricción en la descarga, psig.
$h_s$	=	pérdidas de presión por fricción en la succión, psig.
$L$	=	longitud de tramo recto, ft.
$L_{EQ}$	=	longitud equivalente por accesorios, ft.
$\Delta P_{100}$	=	caída de presión por cada 100 ft, psi.
$P_i$	=	presión en el punto inicial, psig.
$P_f$	=	presión en el punto final, psig.
$\Delta Z$	=	diferencia de alturas entre el punto final y punto inicial, ft.
$H_T$	=	carga total, ft.
$Q$	=	flujo total, GPM.
$\rho_r$	=	densidad relativa.
$\eta$	=	eficiencia de la bomba.
HP	=	potencia de la bomba, HP.
NPSH	=	carga de succión neta positiva, ft.
$P_s$	=	presión de succión, psi
$P_v$	=	presión de vapor, psi
$z_i$	=	elevación del punto inicial, ft.

#### 6.7.1 Ejemplo de Aplicación.

Se tiene una bomba jockey con los siguientes datos:

- Succión: 26 ft de tubería de 2 pulg. a una presión inicial de 30 psig.
- Descarga: 50 ft de tubería de 1 1/2 pulg. a una presión final de 140 psig.
- Diferencia de alturas entre el punto final e inicial de 6.5 ft.

a) Cálculo de las pérdidas de presión por fricción en la descarga.

Con una tubería de 1 1/2 pulg. y estimando una velocidad promedio de 12 ft/seg, se tiene que el flujo a manejar será de 80 GPM y una  $\Delta P_{100}$  de 17.59 psi, de acuerdo a la tabla B-14 de "Flujo de Fluidos - Crane".

Se considera que se tienen los siguientes accesorios: 2 válvulas de retención, 2 válvulas de compuerta, 1 te con flujo derivado y 10 codos de 90°.

De la tabla No. 5.1 del capítulo anterior del presente trabajo, usando el método de longitud equivalente, se tiene:

ACCESORIOS	CANTIDAD	LEQ <sub>u</sub> (ft)	LEQ <sub>r</sub> (ft)
Válvula de retención	2	9	18
Válvula de compuerta	2	1	2
Te de flujo derivado	1	8	8
Codo 90°	10	4	40
		Total	68 ft

$$L_{e0} = 68.0 \text{ ft}$$

$$h_o = (50 + 68) \frac{17.59}{100}$$

$$h_o = 20.75 \text{ psig}$$

b) Cálculo de las pérdidas de presión por fricción en la succión.

Con una tubería de 2 pulg. y un flujo de 80 GPM, se tiene una  $\Delta P_{100}$  de 4.97 psi, de acuerdo a la tabla B-14 de "Flujo de Fluidos - Crane".

Se considera que se tienen los siguientes accesorios: 1 válvula de compuerta, 1 te con flujo recto y 3 codos de 90°.

De la tabla No. 5.1 del capítulo anterior del presente trabajo, usando el método de longitud equivalente, se tiene:

ACCESORIOS	CANTIDAD	LEQ <sub>u</sub> (ft)	LEQ <sub>r</sub> (ft)
Válvula de compuerta	1	1	1
Te de flujo recto	1	10	10
Codo 90°	3	5	15
		Total	26 ft

$$L_{e0} = 26.0 \text{ ft}$$

$$h_s = (26 + 26) \frac{4.97}{100}$$

$$h_s = 2.58 \text{ psig}$$

c) Cálculo de carga total.

$$H_r = (P_r - P_i + h_s \cdot h_o) \times \frac{2.31}{\rho_r} + \Delta z$$

$$H_r = (140 - 30 + 20.75 + 2.58) \times \frac{2.31}{1.0} + 6.5$$

$$H_r = 314.49 \text{ ft}$$

d) Cálculo de la potencia hidráulica.

$$HP = \frac{H_r Q \rho_r}{3960 \eta}$$

$$HP = \frac{314.49 \times 80 \times 1.0}{3960 \times 0.80}$$

$$HP = 7.94$$

La bomba seleccionada comercial sería de 10 HP.

e) Cálculo de la carga neta positiva de succión (NPSH).

La presión de vapor del agua a 60°F es de 0.25 psi absolutas. Por lo tanto, la presión de succión a la bomba será de 30 psi + 14.7 = 44.7 psia

$$NPSHD = \frac{(44.7 - 0.25) \times 2.31}{1.0} + 0.0 - 2.58 \times 2.31$$

$$NPSHD = 96.72 \text{ ft}$$

## **6.8 ACCIONADORES DE BOMBAS CONTRAINCENDIO**

Las bombas pueden ser accionadas por motor eléctrico, turbina de vapor o motor de combustión interna. El acoplamiento puede hacerse flexible, con engranes o cajas multiplicadoras (reductoras) de engranes. La bomba y tuberías de succión y descarga deben ser arregladas de tal manera que exista espacio suficiente para facilitar la operación y mantenimiento.

La energía para manejar las bombas contra incendio están basadas en la confiabilidad, oportunidad, seguridad y economía. Las fuentes de poder más comunes son el uso de energía eléctrica, gas a presión, vapor, diesel, etc.

La energía eléctrica es la más confiable y usual de las fuentes de poder, por su alta disponibilidad. Muchas plantas industriales generan su propia energía, la cual puede ser aprovechada para el suministro al sistema contra incendio.

Los sistemas de gas a presión pueden estar sujetos a periodos de uso restringido debido a la demanda dependiendo de la temporada. Para compensar lo anterior, puede proporcionarse almacenamiento de gas o arreglos de suministro adecuados.

Muchas instalaciones públicas operan con sistemas de distribución de vapor. Cuando se tenga disponibilidad de vapor de alta presión, será práctico usar bombas de turbina.

En el caso de las máquinas a diesel tienen la ventaja de no depender de fuentes externas de poder para su accionamiento.

### **6.8.1 Motores Eléctricos.**

El accionador de motor eléctrico es preferido para bombas contra incendio debido a la facilidad en su operación, mantenimiento y de arranque/paro. Estos motores están diseñados de acuerdo a las especificaciones del National Electrical Manufacturers Association (NEMA).

Los motores son diseñados para trabajar en rangos severos de operación y para soportar grandes cargas eléctricas, de tal forma que la configuración de la bomba sacrificará el motor de la bomba. Tal diseño es contrario al de muchos motores eléctricos, resultando en un alto nivel de confiabilidad de la bomba.

El fabricante de las bombas es responsable de proporcionar un motor de suficiente capacidad para evitar sobrecargas arriba del límite del factor de servicio a potencia

y velocidad máximos. El factor de servicio es un valor numérico y depende del tipo de motor (abierto, a prueba de agua o cerrado) y en la resistencia del aislamiento del alambrado al calor y la separación del mismo.

Quando el factor de servicio excede 1.0, la cantidad excesiva influirá en la potencia y voltaje demandados. Por ejemplo, a 75 HP con un factor de servicio de 1.15 se podrá alimentar una demanda del 15% adicional de potencia, es decir 86.25 HP.

Otro uso del factor de servicio es para estimar la demanda de amperaje máximo permisible. Por ejemplo, con un motor de 40 amp a carga completa y 1.12 de factor de servicio, el máximo amperaje no excederá de 45 amp.

La velocidad del motor sin carga a la temperatura de operación, no deberá exceder más del 10% de la velocidad del motor bajo carga completa a la misma temperatura.

Los motores más comúnmente usados son trifásicos de corriente alterna del tipo inducción de jaula de ardilla. La máxima caída permisible en el voltaje de la bomba a la presión de salida deberá ser del 5%.

El sistema de alimentación de corriente eléctrica a los motores de las bombas contraincendio, debe ser independiente del sistema eléctrico general de la instalación.

El fuego por si mismo puede interrumpir o disminuir el suministro eléctrico de ciertas áreas, por lo que no es recomendable depender completamente de un motor eléctrico.

Se podría utilizar un sistema dual de accionador eléctrico abastecido de una fuente de poder externa, para obtener las ventajas del uso de motores eléctricos, pero esto no es apropiado.

Acorde a lo anterior, en las redes de agua contraincendio que requieran estar presionadas por bombas estacionarias, se deben instalar dos bombas; una accionada por motor eléctrico y la otra por cualquier otro medio de accionamiento, tal como un motor de combustión interna, turbinas de vapor y de agua, etc., cuando el tamaño de la red lo haga necesario, deben instalarse varios equipos de bombeo.

Una bomba de motor eléctrico es apropiada para el arranque automático y será la primera en llegar a la línea. Este motor de la bomba, así como todas las bombas contraincendio, deben ser equipadas por arrancadores manuales remotos desde

un cuarto de control central o una estación contraincendio, así como con arrancador local de la bomba.

Cuando se tengan bombas accionadas por motor eléctrico y motor de combustión interna, y esté en operación la de motor eléctrico y llegara a fallar esta, el motor de combustión interna debe arrancar de inmediato de forma automática. Además, el sistema deberá contar con un selector para la operación manual o automática.

Si la segunda bomba tiene un accionador tipo turbina, también puede ser equipada con arrancadores automáticos. Sin embargo, se debe tener cuidado en el diseño del sistema de suministro de vapor, especialmente en las trampas de vapor. Esto es con la finalidad de asegurar que la turbina no será dañada por el vapor húmedo o por tapones de condensados.

#### 6.8.2 Turbinas de Vapor.

Cuando el suministro de vapor sea confiable y su disponibilidad sea segura, son aceptables las bombas accionadas con turbina de vapor. Para lo cual se requieren arreglos especiales para la operación automática.

Los rangos de velocidad usados para estos motores no deberán exceder 3,600 RPM, debido a que es la velocidad máxima de las bombas contraincendio catalogadas.

#### 6.8.3 Motores de Combustión Interna.

Los motores de combustión interna que usan diesel o gas natural, son equipos que son utilizados para el servicio de las bombas contraincendio. Las máquinas a diesel son una de las fuentes más confiables de potencia. Sin embargo, los motores operados por gasolina, gas natural o gas L.P. no son reconocidos por el código NFPA-20.

Cuando se utilicen motores de combustión interna, estos deben tener una potencia de por lo menos 20% mayor de la potencia máxima requerida por la bomba a la velocidad del régimen.

La potencia para máquinas a diesel al nivel del mar se reducirá 3% por cada 1,000 ft (305 m) de elevación de exceso de 300 ft (91.4 m); además de una reducción del 1% a la potencia por cada 10°F (5.6°C) arriba de 77°F (25°C) de temperatura ambiente.

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

Cada motor de combustión interna debe tener su propio escape de gases, descargando fuera de la casa de bombas, de manera que los gases no afecten al personal o a las instalaciones.

En este tipo de motores, los dispositivos manuales y automáticos se deben limitar o prevenir la descarga accidental de gases inflamables, pero el desarrollo de otras condiciones insatisfactorias no deberán parar el motor, tales como alta temperatura de agua de enfriamiento y baja presión de aceite, los cuales serán indicados por alarmas. La intención es conservar la operación de la bomba, tanto como sea posible.

Los motores de combustión interna requieren los siguientes aditamentos para su óptima operación:

**a) Sistema de Enfriamiento.**

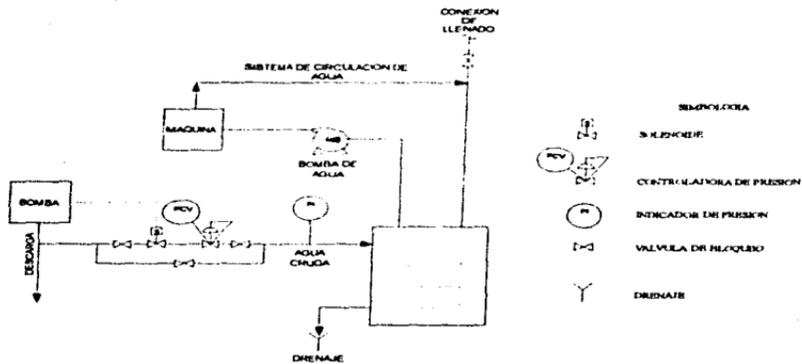
Un sistema de enfriamiento adecuado es vital para la operación confiable del motor de combustión interna. El sistema de enfriamiento será del tipo de circuito cerrado, incluyendo una bomba de circulación y un cambiador de calor, con una entrada en el circuito para el llenado del sistema (Figura 6.7).

Únicamente agua limpia o potable será circulada a través del motor. El agua de enfriamiento para el cambiador de calor será tomada de la descarga de la bomba antes de la válvula de bloqueo.

El sistema incluye una válvula de corte manual, un filtro, una válvula reguladora de presión y una válvula solenoide automática con una segunda válvula manual; además debe ser instalada una línea de desvío (by-pass) con válvula manual alrededor del sistema automático. La salida del cambiador de calor debe ser tan largo así como la entrada tan corta como sea posible. La línea de descarga debe ser visible y sin válvulas.

El agua cruda es conducida por los tubos del cambiador de calor para descargar libremente en una localización visible, como el drenaje de la válvula de relevo. Algunas máquinas requieren un flujo de agua aproximado de 15 a 30 GPM (57 a 114 LPM).

**FIG. 6.7 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA UNA BOMBA DE AGUA CONTRAINCENDIO ACCIONADA POR MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.**



**b) Tanque de Combustible.**

El tanque de almacenamiento de cada unidad deberá contener el combustible suficiente para un suministro de 8 horas de funcionamiento sin interrupción trabajando a su máxima capacidad, se proporcionarán capacidades más grandes si existen instalaciones adecuadas para un llenado oportuno. La capacidad del tanque será estimada para permitir 1 gal. de diesel por cada HP de potencia más el 5% del volumen por expansión del combustible.

Cada motor debe tener su tanque individual de combustible, con indicador de nivel o dispositivo para controlar la cantidad de combustible en su interior.

**c) Cargador de Baterías.**

La fuente de energía necesaria para permitir el arranque automático de la bomba depende de la capacidad suficiente del sistema de baterías. El cargador usado debe satisfacer los requerimientos usuales de las bombas contraincendio y, consiste de rectificadores, transformadores y relevadores.

Los controladores de los motores de combustión interna son usados para la operación automática de las bombas. Los controladores automáticos son equipados con interruptores de paro y arranque.

Los motores de combustión interna deben tener como mínimo los instrumentos de control y dispositivos de protección 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.

• **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.
- Alarma por sobrecalentamiento del motor.
- Interruptor por sobre velocidad (en motores mayores de 200 HP), con paro automático.

Los controladores son operados con bajo voltaje de corriente directa de las baterías del motor. El cargador de baterías, el temporizador y otros dispositivos auxiliares no esenciales en el control de la bomba son suministrados de la corriente eléctrica.

## **6.9 LOCALIZACION DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.**

Las bombas contra incendio deben ser localizadas en construcciones resistentes al fuego o no combustibles. Cuando el clima es templado, será necesario aislar el cuarto de bombas para protección del polvo, corrosión y taponamientos.

Las bombas contra incendio son localizadas preferentemente tan cerca como sea posible de aquellas áreas donde la protección es más importante. Se desea que exista una separación adecuada del cuarto de bombas con respecto a las instalaciones de proceso.

La casa de bombas deberá estar situada, de tal forma que no exista riesgo de posible exposición al fuego, explosión, inundaciones y daños por factores meteorológicos, preferentemente en una instalación seca. Se deberá tener luz, calor, ventilación y drenaje adecuado. Además deberá ser lo suficientemente grande para facilitar el acceso a todo el equipo y dispositivos para su inspección y mantenimiento.

Para instalaciones de proceso pequeñas o medianas, se deberá instalar una sola casa de bombas de agua contra incendio, la cual deberá estar localizada de

preferencia en el centro del área. En instalaciones grandes se deben instalar dos o más casas de bombas, de preferencia una central y las otras perimetrales.

Cuando se instalen bombas verticales dentro de casetas, éstas deben tener el techo lo suficientemente alto para facilitar la extracción de ellas.

Las bombas deben instalarse en cuartos de bombas donde la temperatura para las máquinas con arranque manual no puede caer abajo de 40°F y para máquinas de arranque manual no por debajo de 60°F. Se debe suministrar aire y una ventilación adecuada.

#### **6.10 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS.**

Una bomba contraincendio puede trabajar en una operación de emergencia únicamente si es operada y mantenida apropiadamente. Es recomendable realizar programas de inspección y pruebas periódicas para mantener la funcionalidad de las bombas.

Una bomba contraincendio se debe probar anualmente para asegurar que la bomba, motor, succión, descarga y potencia funcionen apropiadamente y así corregir las fallas que puedan manifestarse. El funcionamiento hidráulico de la bomba es medido por una prueba de flujo con manguera y las boquillas conectadas al cabezal de la bomba. Tres puntos específicos de la bomba se deben checar: paro, sobrecarga (al 150% de flujo) y el flujo cercano al rango de capacidad.

La operación automática es probada abriendo los hidrantes o rociadores, así como el nivel de agua de estanques y depósitos en la succión se deberá examinar cuidadosamente.

Una prueba corta para la operación regular de la bomba se deberá realizar cada semana, descargando agua de alguna salida conveniente.

Cuando una alarma por fuego se presenta o indica la operación automática de la bomba, la persona responsable de las bombas debe proceder a su localización inmediatamente. Durante este y en cada período de operación, el equipo debe ser checado cuidadosamente para observar su funcionamiento adecuado.

Para prevenir arranques y paros frecuentes, el motor eléctrico deberá tener un temporizador que intente arrancar el motor al menos un minuto por cada 10 HP del motor, no más de 7 minutos de preferencia. Es adecuado arrancar la unidad automáticamente hasta pararla manualmente. Cuando existan más de una bomba automática, el control será arreglado para operar las bombas en una secuencia predeterminada y evitar que arranquen simultáneamente las bombas.

Si es necesario que más de una bomba esté en operación, las unidades deben arrancar en intervalos que permitan el arranque de la siguiente bomba hasta que la anterior haya tomado su velocidad (5 a 10 seg). La falla de cualquier bomba en el arranque no debe impedir el arranque de las siguientes.

El enfriamiento y la lubricación de una bomba centrífuga dependerá de que el agua de la bomba nunca deberá correrse a menos de que la bomba esté lista para operar. Se debe poner mucha atención a los cojinetes y cajas durante los primeros minutos de operación, para evitar un sobrecalentamiento y no se necesiten ajustes posteriores. La presión de succión y descarga se deberá tomar ocasionalmente para observar si la entrada y salida no están obstruidas.

Se debe checar siempre la dirección de la rotación y la velocidad de operación de la bomba.

También la fuente de poder debe checarsé. Con un motor eléctrico se debe checar el suministro de corriente para el motor y su equipo auxiliar. Para turbinas de vapor, se debe observar el suministro a la válvula de control y la ausencia de condensados en la entrada, turbina y escape. Si la bomba es operada por un motor a diesel debe tener combustible adecuado para 8 horas de operación. Las baterías deber estar totalmente cargadas.

Se debe probar el equipo de arranque y su funcionalidad. Cualquier evidencia de una caída en el voltaje del motor eléctrico o una caída de presión en el vapor de la turbina se debe investigar.

Con un motor a diesel, el filtro de aceite y de aire limpio deben tener una especial atención, así como el equipo automático de carga y la gravedad específica del electrolito de la batería, el cual se debe determinar al menos una vez al mes.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

**En el desarrollo del presente trabajo, se ha observado la importancia fundamental que tienen los sistemas de agua contraincendio en una planta de proceso para prevenir los riesgos inherentes de un incendio, proporcionar la seguridad necesaria y proteger adecuadamente al personal y a las propias instalaciones, así como para lograr la extinción del fuego y conservar frío el equipo hasta que el peligro haya pasado**

**La extinción y prevención de un incendio en cualquier planta de proceso es una responsabilidad esencial del manejo de la misma. No importando el tamaño de la planta, el personal de la misma debe organizarse con el propósito de atacar la contingencia. Por lo tanto, es adecuado que el personal conozca las medidas correctas para lograr su extinción.**

**Este trabajo presenta una recopilación de criterios y reglas generales que rigen el diseño de los sistemas de agua contraincendio. Esto es con la finalidad de que el personal que podría estar involucrado en la seguridad de una planta, conozca los diferentes métodos y dispositivos existentes en el control de cualquier tipo de incendio, además de acceder a los principios esenciales en el diseño de un sistema de protección contraincendio.**

**El sistema de protección contraincendio se debe considerar desde la etapa inicial en la planeación de una planta de proceso y se deben hacer las mismas consideraciones generales que cualquier requerimiento del procesamiento. El personal experimentado en incendios y en seguridad deben revisar constantemente que el sistema de protección contraincendio cumpla con las expectativas iniciales con las que se realizó el diseño, así como las posibles ampliaciones a la planta.**

**Para obtener los mejores resultados es necesario tener en cuenta, los requerimientos de agua, equipo y personal, así como su instalación, el tipo de proceso manejado, la localización de la planta, la disponibilidad y confiabilidad en el suministro de agua para realizar el diseño y la selección adecuada de los sistemas contraincendio, de manera que se cumplan los requisitos mínimos de seguridad, técnicos y económicos, para asegurar la vida del personal y del equipo.**

Es razonable asumir que el fuego pueda ocurrir únicamente en una unidad de proceso a cualquier tiempo. La experiencia indica que la posibilidad es remota, para que el incendio ocurra simultáneamente en varias unidades o secciones. Además el sistema de protección es diseñado para que nunca opere, pero es una medida de protección necesaria que minimiza y controla los efectos de un incendio.

Con la finalidad de realizar un diseño confiable, es necesario contar con toda la información adecuada, que muestre la planta de proceso en las condiciones de operación reinantes, de tal forma que se mantenga actualizada la información para lograr una extinción del incendio de forma oportuna y segura.

Un sistema de agua contraincendio se compone de tres elementos principales:

- Una fuente de abastecimiento de agua con un volumen que satisfaga las necesidades de la demanda, en caso de emergencia.
- Un equipo de bombeo, que proporcione el agua en la cantidad y la presión necesaria para cubrir las necesidades y riesgos a proteger.
- Una red de distribución de agua, en forma de circuitos cerrados, en las zonas a proteger, contando con sus respectivas salidas para hidrantes, monitores y aspersores.

Además como medida de prevención, las instalaciones deben contar con extinguidores en la cantidad y tipo necesarios para el combate de las diversas clases de incendio, dependiendo del tipo de proceso a emplear.

De acuerdo con lo realizado en el presente trabajo, se tienen las siguientes recomendaciones generales, en lo referente al diseño de un sistema de agua contraincendio:

- El sistema general de agua contraincendio, tanques de almacenamiento, líneas, equipos de bombeo y de seguridad deben ser diseñados para suministrar el 150% del gasto requerido para satisfacer el riesgo mayor de la instalación.
- Utilizar agua dulce y limpia, de preferencia libre de hidrocarburos, con la finalidad de evitar la corrosión en el sistema. En caso de utilizar agua salada es preferible aplicar una tolerancia a la corrosión de 0.125 pulg., en tuberías de acero al carbón, y el uso de inhibidores de corrosión adecuados al sistema.

- De preferencia utilizar tuberías de acero al carbón, debido a su resistencia y confiabilidad, en caso de un siniestro.
- La fuente de abastecimiento de agua debe garantizar el volumen suficiente para alimentar la red contraincendio. Además, en los tanques de almacenamiento se debe tener disponibilidad y estar siempre llenos, en caso de su requerirse su uso en cualquier momento
- Una unidad de proceso debe ser protegida por un grupo de rociadores fijos, hidrantes contraincendio y monitores (boquillas rotatorias capaces de direccionar una corriente de agua a cierta distancia).
- Los sistemas de aspersión de agua deben ser usados para cubrir uno o más de los siguientes eventos: prevención, control y extinción de los incendios, así como para proporcionar una protección adecuada a la radiación.
- Generalmente, un sistema de rociadores fijos se usa en situaciones de alto riesgo, en la que la aplicación inmediata del agua es requerida. Algunas aplicaciones típicas serían: recipientes sin aislamiento conteniendo fluidos inflamables, recipientes inaccesibles a equipo móvil, bombas que manejan materiales volátiles y enfriadores de aire, así como racks de tuberías críticas, cabezales de válvulas y equipos de control.
- Dependiendo del equipo a proteger, la cantidad de agua requerida será variable, teniendo como flujo máximo de agua de 0.25 GPM/ft<sup>2</sup> (10 LPM/m<sup>2</sup>) de superficie a proteger.
- La presión de descarga de las tomas, hidrantes o monitores con localización más desfavorable, debe ser la necesaria para los equipos de seguridad, no menor a 100 psig (7 Kg/cm<sup>2</sup>).
- La velocidad recomendable para la selección de tuberías es de 6 a 12 ft/seg (1.83 a 3.66 m/seg) cuando se maneja agua dulce. Para redes que manejen agua salada, se recomienda una velocidad de 4 a 6 ft/seg (1.22 a 2.44 m/seg).

- El diámetro mínimo que se deberá usar para los cabezales de agua contraincendio es de 6 pulg., el cual debe aumentar progresivamente conforme se abastezcan a mayor número de hidrantes.
- La tubería debe distribuirse en anillos, para la instalación de un máximo de 12 hidrantes y/o monitores por cada área de protección. Para proporcionar agua de varias direcciones al punto de fuego. Este arreglo proporciona una protección adecuada, si una parte de la red ha sido dañada
- El cálculo del diámetro óptimo de la red de tuberías se debe realizar a través del método de Hardy-Cross, tomando como base la ecuación de Hazen-Williams, considerando que la suma algebraica de las caídas de presión del circuito deben ser cero y que cumplan con el principio de la ecuación de continuidad.
- En general, las bombas de una etapa, doble succión y flujo dividido son las más aplicables. Dependiendo de las condiciones de succión, se recomienda el uso de bombas horizontales o verticales.
- La capacidad de las bombas debe ser proporcionar cuando menos el 150% de su gasto nominal operando como mínimo al 65% de su presión nominal. Además la presión máxima desarrollada por las bombas no debe ser mayor del 140% de su presión nominal a flujo cero (operando la bomba a válvula cerrada en la descarga).
- La presión de descarga de las bombas debe fijarse por la presión mínima residual requerida en los dispositivos de seguridad de 100 psig (7 Kg/cm<sup>2</sup>) más las pérdidas de presión por fricción en la tubería de succión y descarga, tomando en cuenta la presión por columna hidrostática dependiendo de la elevación del dispositivo final.
- Los diámetros de succión y descarga deben manejar el 150% de la capacidad de bombeo con una velocidad máxima de 15 ft/seg (4.57 m/seg) y de 20 ft/seg (6.2 m/seg) respectivamente.
- Un sistema automático de bombeo debe contar con una bomba jockey de baja capacidad, que mantenga presurizada la red contraincendio, en caso de cualquier decaimiento en la presión generado por fugas de agua.

- Las bombas podrán ser accionadas por motores eléctricos, de combustión interna o por turbinas de vapor. Es preferible contar con un sistema de bombeo que contenga motores eléctricos y que, en caso de falla de la energía eléctrica, operen las bombas con motor de combustión interna.

Con los criterios enunciados y recomendados en el presente trabajo, se espera que este sea una guía rápida y confiable, que permita a las gentes involucradas en la seguridad de una planta de proceso, diseñar un sistema de agua contraincendio de manera adecuada, cumpliendo con los códigos y normas de seguridad.

Finalmente, es importante indicar que la seguridad del personal involucrado en la operación de las plantas industriales es el objetivo primario en el diseño y la instalación de un sistema de protección contraincendio; siguiendo en importancia la prevención de posibles daños a la ecología y la protección a la inversión de las instalaciones.

## CAPITULO VIII

### BIBLIOGRAFIA

- Karassik Igor J., Krutzsch Williams C. and Fraser Warren H. "Pump Handbook".
- Watters Gary Z. "Analysis and Control of Unsteady Flow in Pipelines".
- "Hydraulic Institute Engineering Data Book".
- Himmelblau David M. "Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química".
- Babor José A., Ibarz Aznarez José "Química General Moderna".
- SARH "Análisis de Aguas y Aguas de Desecho".
- Streeter Wyler "Mecánica de los Fluidos" 6a. Ed.
- Giles V. Ranaid "Mecánica de los Fluidos e Hidráulica" 2a. Ed.
- Cote P.E. Arthur, Linville Jim L. "Fire Protection Handbook" 17a Ed. 1991.
- Mc. Naughton Kenneth "Bombas, Selección, Uso y Mantenimiento" 1a. Ed. 1987.
- Crane "Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías"
- Sommerfield Jude T., de Lesdemier David L. "Computer Program Sizes Pipe" Hydrocarbon Processing Marzo 1972.
- Kaura M. L. "Aid to Firewater Design" Hydrocarbon Processing Dic. 1980.
- Woodard A. M. "Fire Water Systems Designed for Petrochemical Plants" The Oil and Gas Journal Nov 12, 1973.
- Landy J. A. "Check These Points in Fire Protection Layout" Hydrocarbon Processing and Petroleum Refiner Marzo 1964.
- Peche G. Gabriel "Aplicación de Bombas Centrifugas" Petróleo Internacional Junio 1982.
- PEMEX "Recomendaciones de Seguridad para Prevenir Incendios en Equipos de Perforación y Reparación de Pozos" Boletín de Seguridad Industrial No. 59 México 1972.

- Norma PEMEX 01 0.26 "Norma Requisitos Generales para el Proyecto, Construcción y Equipamiento de las Redes de Agua Contra incendio".
- Norma PEMEX 01.1.08 "Norma Previsión y equipo Contra incendio en Baterías de Separadores, Casa de Máquinas y Plantas de Deshidratación y Desalado" Rev. 1 Agosto 1990.
- Norma PEMEX 01.0.10 "Extintores Portátiles Contra incendio".
- Norma PEMEX 01.0.12 "Accesorios para el Servicio Contra incendio".
- Norma PEMEX 2.607.21 "Sistemas para Agua de Servicio Contra incendio".
- Norma PEMEX A.VIII-18 "Sistemas de Aspersores para Protección Contra incendio" Agosto 1978.
- API 14G (RP 14G) "Recommended Practice for Fire Prevention and Control on Open Type Offshore Production Platforms" 2a. Ed. Mayo 1986.
- Spaying Systems C.O. Industrial Catálogo 27 "Spray Nozzles and Accesories".
- National Fire Protection Association "NFPA Fire Protection Guide to Hazardous Material" 7a. Ed. 1984.
- NFPA 10 "Portable Fire Extinguisher" 1986.
- NFPA 13 "Standard for the Installation of Sprinkler Systems".
- NFPA 15 "Water Spray Fixed Systems" 1985.
- NFPA 16 "Water Distribution Systems".
- NFPA 20 "Installation of Centrifugal Fire Pumps" 1990.
- NFPA 22 "Water Tanks for Private Fire Protection".
- NFPA 30 "Flammable and Combustible Liquids Code" 1981.
- NFPA 72A "Standard on Automatic Fire Detectors" 1982.
- NFPA 1961 "Fire Hose".