



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A:

CEDILLO GÓMEZ ISRAEL JALIL

DIRECTOR DE TESIS:

ING. RAMÓN EDGAR DOMÍNGUEZ BETANCOURT



MÉXICO, D.F., CIUDAD UNIVERSITARIA MARZO 2011



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



AGRADECIMIENTOS





AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la oportunidad de haber concluido esta etapa de mi vida y por los seres queridos que siempre están a mi lado, también te agradezco porque nunca faltaron los alimentos en la mesa y como siempre he dicho mientras tengamos salud todo está de maravilla.

A MI MADRE

Por darme la vida y todos los sacrificios que hiciste por amor durante tantos años para sacar adelante a tus hijos y nunca dejarnos a la deriva a ninguno de los tres. Por exigirme a agarrar la vida por los cuernos y sin tener miedo de hacer las cosas.

A MI PADRE

Porque siempre estuviste en todo momento que te necesitaba y por los buenos consejos que aun me sigues dando. Por el apoyo incondicional y el amor que siempre has brindado. Por el esfuerzo que haces a diario para que llegara este gran día.

A MI ESPOSA

Por la hija tan hermosa que tenemos y que nos cambio la vida de la mejor manera. Porque no te bajaste del barco pudiéndolo hacer tantas veces y seguiste al pie del cañón por sobre todas las cosas. Por el amor que me brindas y por cuidarme. “.....Vos sabes que a veces hay desencuentros pero cuando hay un encuentro de dos almas trae luz....”

“Eres el tiempo que comparto eso eres, mi salvación mi esperanza y mi fe. Soy el que por ti daría la vida ese soy. Aquí estoy a tu lado y espero aquí sentado hasta el final; no te has imaginado lo que por ti he esperado, pues eres lo que yo amo en este mundo eso eres, cada minuto en lo que pienso eso eres”

A MI HIJA

Porque eres el motor de mi vida y poniendo mi mano sobre el corazón quiero decirte que tú eres el AMOR DE MIS AMORES. Cuando llegaste, cambiaste el olor de mis mañanas. En un bosque de lápiz te apoderas de mí.

“Mi niña es quien pone una esperanza con su amor en cada día, quien con solo una sonrisa me devuelve la ilusión y la alegría. Mi niña cree en mí y me siento tan humilde ante este amor y tan orgulloso de saber que el dueño de un cariño así soy yo. Sonrió al futuro porque se, que la tarde de mi vida llegara y a mi lado ella estará igual que yo”.





A MI ABUELITA MELI

Por el amor que me has dado te admiro y te respeto. Porque siempre nos cuidaste y sigues brindando ayuda a quien te lo pide con todo el corazón. Porque siempre pusiste una oración en los momentos de dificultad que he tenido.

A MIS HERMANOS

A Liliana y Luis Armando por todo el apoyo y cariño que nos hemos brindado. Por la confianza, tolerancia y respeto que procuramos darnos día con día. Siempre buscando lo mejor para cada quien.

A MI TIO ALEJANDRO

Eres una pieza fundamental en mi formación. Porque siempre tuve de ti un buen consejo y veo en mi muchos valores aprendidos de tu persona. Por los momentos que has estado a mi lado desde niño.

A LA SRA. CATALINA RAMÍREZ.

Por la fe que tuvo en este proyecto. Por abrirme las puertas de su casa dando me el apoyo y la confianza que me ha brindado durante varios años. Por recibirme como a un hijo más en su familia.

A LA FAMILIA RAMÍREZ

Por todo el apoyo incondicional que recibí de ustedes y el amor que le han brindado a mi hija. Porque la unión familiar es sello particular de esta gran familia. Porque siempre han jalado con nosotros tres y siempre tuve motivación de todos ustedes con tantos consejos que nunca faltaron.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Iván Atilano, Julio Trejo, Javier Hernández, Noé Muñoz, Adrian Gutiérrez, Edgar Hernández, Rubén Mejía, Javier Uribe, Norberto Briones, Daniel Hernández, Erik Torres, Diego Albarrán, Arturo Zavala, Luis González, Adriana Uribe, Verónica González, Fabiola Olivares, Susana Tapia, Anel Olmos, Edison López, Efrén López, Ángel Carbajal, Rubén Azaél, Juan Carlos Cedeño, Cesar Gandulay, Sara Elisa, Enrique Moran, Juan Pedro Morales, Alan Vicencio, Carlos Maya, Enrique Granados, Guillermo Murguía, Ricardo Borja, Yatzil Claudian, José Luis Martínez, Aldo Marroquín, Jhetro Pérez, Oswaldo Olvera, Pedro Romero, Javier López, Jorge Núñez, Armando Kuri, Agustín Contreras, José Manuel Parrales, Jaime López, Crispín Samano, Andrés Avila, Martin González, Fernando Núñez, Edwing Fuentes, Gerardo Rodríguez, Daniel Mexica, Roberto Hilario,. Por los buenos momentos que pasamos juntos en nuestra FACULTAD DE INGENIERIA, destacando su valiosa amistad y su calidad de seres humanos.



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



A EL ING. RAMÓN EDGAR DOMÍNGUEZ BETANCOURT

Por su tiempo, apoyo, dirección y consejos en la realización de este trabajo, expresándole a usted mi respeto y admiración.

A MIS SINODALES

Quim. María Guadalupe Contreras Ordaz, Ing. Manuel Enríquez Poy, Ing. Israel Castro Herrera, Ing. Carlos Ríos Ramírez, por su tiempo, apoyo, paciencia y consejos en la revisión de este trabajo.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por darme la dicha de ser miembro de la Máxima Casa de estudios de nuestro país y una de las mejores Universidades del mundo, brindando conocimiento y sabiduría que consideré mi segunda casa durante varios años. A el CCH SUR que me mostro de la mejor manera otra forma de “aprender a aprender”. A la FACULTAD DE INGENIERIA que me dio la formación y las herramientas para poder servir de ahora en adelante a mi sociedad.

*“Cuando alguien que de verdad necesita algo, lo encuentra,
no es la casualidad quien lo procura, sino él mismo.
Su propio deseo y su propia necesidad le conducen a ello.”*
Hermann Hess

*“El ayudarse a sí mismo lleva al éxito. No dependas de otros.
Practica la confianza y la fe en ti mismo”.*
Sivanand

*“La verdadera felicidad no es la que carece de problemas,
sino la que sabe superarlos”*

*“El que no sea capaz de cambiar su forma de pensar,
Vivirá en el error por siempre”*
Carlos Morales

“La mentira siempre es mala, mancha el alma y envenena”
Virginia Morales





DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
60-I-1280

SR. ISRAEL JALIL CEDILLO GÓMEZ
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Ramón E. Domínguez Betancourt y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRAINCENDIO PARA UNA INSTALACIÓN PETROLERA

- INTRODUCCIÓN
- I LOS PRINCIPIOS DEL FUEGO
- II EL SISTEMA ACTIVO DE PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO
- III EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
- IV LA NORMATIVIDAD MEXICANA EN PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO
- V LA NORMA NFPA-20 Y LA NRF-016-PEMEX
- VI EJEMPLO DE PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO A UN AREA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- APENDICE
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

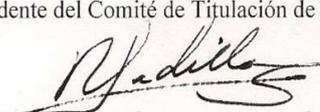
Asimismo, le recuerdo que la ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

CD. Universitaria, D. F., a 9 de Diciembre del 2010

El Presidente del Comité de Titulación de Ingeniería en Ciencias de la Tierra


DR. RICARDO JOSÉ PADILLA Y SÁNCHEZ

RJPYS*RCTS*srs



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN

Designación de sinodales de Examen Profesional

A los señores profesores:

Presidente	QUIM MARIA GUADALUPE CONTRERAS ORDAZ
Vocal	ING. RAMON EDGAR DOMINGUEZ BETANCOURT
Secretario	ING. MANUEL ENRIQUEZ POY
1o. suplente	ING. ISRAEL CASTRO HERRERA
2o. suplente	ING. CARLOS RIOS RAMIREZ

Me permito informar a ustedes que han sido designados sinodales del Examen Profesional del señor CEDILLO GOMEZ ISRAEL JALIL registrado con número de cuenta 30221388-3 en la carrera de INGENIERÍA PETROLERA quien ha concluido el desarrollo del tema que le fue autorizado.

Ruego a ustedes se sirvan revisar el trabajo adjunto y manifestar a esta Dirección, si es el caso, la aceptación del mismo.

Con el fin de asegurar el pronto cumplimiento de las disposiciones normativas correspondientes y de no afectar innecesariamente los tiempos de titulación, les ruego tomar en consideración que para lo anterior cuentan ustedes con un plazo máximo de **cinco días hábiles** contados a partir del momento en que ustedes **acusen recibo de esta notificación**. Si transcurrido este plazo el interesado no tuviera observaciones de su parte, se entendería que el trabajo ha sido aprobado, por lo que deberán **firmar el oficio de aceptación del trabajo escrito**.

Doy a ustedes las más cumplidas gracias por su atención y les reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., a 4 de Febrero de 2011.

EL DIRECTOR

Mtro. José Gonzalo Guerrero Zepeda

JGGZ 'MFB' ICH

EP-5



**DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA**



FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCIÓN

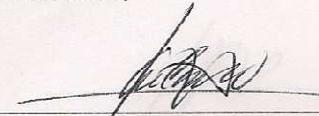
UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

Aceptación de Trabajo Escrito

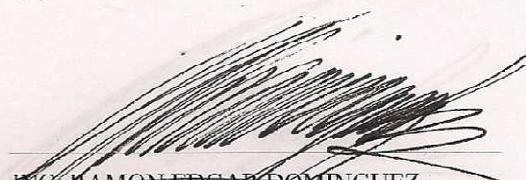
Mtro. José Gonzalo Guerrero Zepeda
Director de la Facultad de
Ingeniería de la U.N.A.M.
Presente.

En atención a su oficio en el que nos informa que hemos sido designados sinodales del Examen Profesional del señor CEDILLO GOMEZ ISRAEL JALIL registrado con número de cuenta 30221388-3 en la carrera de INGENIERÍA PETROLERA, nos permitimos manifestarle la aceptación del trabajo desarrollado por el citado alumno.

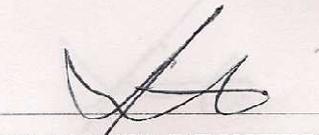
Atentamente,



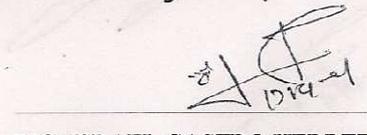
QUIM MARIA GUADALUPE CONTRERAS
ORDAZ
FECHA DE ACEPTACION: 10/02/11



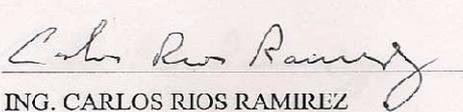
ING. RAMON EDGAR DOMINGUEZ
BETANCOURT
FECHA DE ACEPTACION: 8/02/11



ING. MANUEL ENRIQUEZ POY
FECHA DE ACEPTACION: 9/02/11



ING. ISRAEL CASTRO HERRERA
FECHA DE ACEPTACION: 16/feb/2011



ING. CARLOS RIOS RAMIREZ
FECHA DE ACEPTACION: 10/02/11

FECHA DE EMISIÓN: 4 de Febrero de 2011.



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



ÍNDICE





DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



ÍNDICE

DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRAINCENDIO
PARA UNA INSTALACIÓN PETROLERA

INTRODUCCIÓN

1.- LOS PRINCIPIOS DEL FUEGO

1.1. EL PROCESO DE COMBUSTIÓN

1.1.1. REACCIONES OXIDANTES

1.1.2. CALOR

1.1.3. HUMO VISIBLE

1.1.4. TRIÁNGULO Y TETRAEDRO DEL FUEGO

1.1.5. CLASIFICACIÓN DEL FUEGO

1.2. LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES

1.2.1. LÍMITES DE INFLAMABILIDAD

1.2.2. TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN

1.2.3. PUNTO DE EBULLICIÓN

1.2.4. PUNTO DE INFLAMACIÓN

1.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES

1.2.5.1. LIQUIDOS INFLAMABLES

1.2.5.2. LIQUIDOS COMBUSTIBLES

1.2.6. SÓLIDOS CON PUNTO DE INFLAMACIÓN

1.2.7. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES

1.2.7.1. DENSIDAD RELATIVA

1.2.7.2. DENSIDAD DE VAPOR

1.2.7.3. VISCOSIDAD

1.2.7.4. PRESIÓN DE VAPOR

1.2.7.5. ÍNDICE DE EVAPORACIÓN



- 1.2.7.6.CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN
- 1.2.7.7.LIMITES DE INFLAMABILIDAD (EXPLOSIVIDAD)
- 1.2.7.8.CARACTERÍSTICAS DE LA COMBUSTIÓN DE LOS LIQUIDOS
- 1.2.7.9.RIESGOS DE LOS LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES

2. EL SISTEMA ACTIVO DE PROTECCION CONTRAINCENDIO

- 2.1. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PASIVA
- 2.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN ACTIVA
 - 2.2.1.MEDIDAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS MANUALES
 - 2.2.2.MEDIDAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS AUTOMÁTICOS
- 2.3. BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (BIE)
- 2.4. EXTINTOR
 - 2.4.1.AGENTE EXTINTOR
 - 2.4.2.CARGA DE UN EXTINTOR
 - 2.4.3.TIPOS DE EXTINTORES (CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CARGA DEL AGENTE EXTINTOR Y EQUIPO)
- 2.5. HIDRANTES
- 2.6. LA MANGUERA CONTRAINCENDIOS
 - 2.6.1.TAMAÑOS DE LAS MANGUERAS CONTRAINCENDIOS
- 2.7. LANZA CONTRAINCENDIO
- 2.8. MONITOR CONTRAINCENDIO
- 2.9. SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA
- 2.10. SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR ROCIADORES
 - 2.10.1. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LOS ROCIADORES
 - 2.10.2. SISTEMA DE ROCIADORES DE DILUVIO
- 2.11. TEORIA DE LA EXTINCION DEL FUEGO
 - 2.11.1. EXTINCIÓN CON AGUA
 - 2.11.1.1. EL AGUA COMO AGENTE ENFRIADOR
 - 2.11.1.2. EL AGUA COMO HERRAMIENTA MECÁNICA



- 2.11.1.3. EL AGUA COMO MEDIO SUSTITUTIVO
- 2.11.1.4. EL AGUA COMO CUBIERTA PROTECTORA
- 2.11.2. EXTINCIÓN CON ESPUMAS ACUOSAS
 - 2.11.2.1. EXPANSIÓN DE LA ESPUMA

3. EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA

- 3.1. ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA
 - 3.1.1. ELEMENTOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO
 - 3.1.2. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO
 - 3.1.3. NIVEL DE LÍQUIDO DE BOMBEO
- 3.2. TIPOS DE BOMBAS
 - 3.2.1. BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES
 - 3.2.2. BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES
 - 3.2.3. BOMBAS SUMERGIBLES
- 3.3. MOTORES
 - 3.3.1. MOTORES ELÉCTRICOS
 - 3.3.1.1.A) MOTOR SÍNCRONO
 - 3.3.1.2.B) MOTOR ASÍNCRONO
 - 3.3.2. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA
- 3.4. CARGA DINÁMICA O ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL
 - 3.4.1. CARGA DE SUCCIÓN (HS)
 - 3.4.2. CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA (NPSH)
 - 3.4.3. PRESIÓN DE VAPOR
 - 3.4.4. CARGA DE IMPULSIÓN
- 3.5. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DEL SISTEMA
 - 3.5.1. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS
- 3.6. POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO
- 3.7. DETERMINACIÓN DE LA BOMBA



**DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA**



3.7.1. PUNTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

3.7.2. DIÁMETRO DEL IMPULSOR

3.7.3. TUBERÍA Y ACCESORIOS DE SUCCIÓN

3.8. CASETA DE BOMBEO

4. LA NORMATIVIDAD MEXICANA EN PROTECCION CONTRAINCENDIO

4.1. MARCO NORMATIVO

4.2. MARCO NORMATIVO LEGAL

4.3. MARCO NORMATIVO EXTERNO

4.4. MARCO NORMATIVO INTERNO

4.5. REGLAMENTO FEDERAL DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO; TITULO PRIMERO; DISPOSICIONES GENERALES Y OBLIGACIONES DE LOS PATRONES Y TRABAJADORES; CAPÍTULO PRIMERO DISPOSICIONES GENERALES

4.5.1. ARTÍCULO 1º.

4.5.2. ARTÍCULO 2º.

4.5.2.1. ACTIVIDADES PELIGROSAS

4.5.2.2. CENTRO DE TRABAJO

4.5.2.3. CONTAMINANTES DEL AMBIENTE DE TRABAJO

4.5.2.4. MATERIALES Y SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS

4.5.2.5. NORMAS

4.5.2.6. PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIGIENE

4.5.2.7. SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

4.5.2.8. SERVICIOS PREVENTIVOS DE SEGURIDAD E HIGIENE

4.6. REGLAMENTO FEDERAL DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO; TITULO SEGUNDO; CONDICIONES DE SEGURIDAD; CAPÍTULO SEGUNDO; PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS

4.6.1. ARTÍCULO 26.

4.6.2. ARTÍCULO 27.

4.6.3. ARTÍCULO 28.

4.7. NOM-002-STPS-2000, CONDICIONES DE SEGURIDAD, PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO



**DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA**



- 4.7.1. CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS CONTRA INCENDIO POR LA NOM-002-STPS-2000
- 4.7.2. INSTALACIÓN DE LOS EXTINTORES POR LA NOM-002-STPS-2000
- 4.7.3. INSTALACIÓN DE SISTEMAS FIJOS CONTRA INCENDIO POR LA NOM-002-STPS-2000
- 4.7.4. GUIA DE REFERENCIA PARA SISTEMAS FIJOS CONTRA INCENDIO POR LA NOM-002-STPS-2000
- 4.7.5. REDES HIDRÁULICAS
- 4.7.6. CRITERIOS DE ASIGNACIÓN DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES

5. LA NORMA NFPA Y LA NRF-016-PEMEX.2010

- 5.1. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)
- 5.2. FACTORY MUTUAL (FM)
- 5.3. UNDERWRITER LABORATORIES (UL)
- 5.4. LA NORMA NFPA 20, "BOMBAS ESTACIONARIAS CONTRA INCENDIOS"
 - 5.4.1. FUENTES DE SUMINISTRO DE AGUA
 - 5.4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE EQUIPOS
 - 5.4.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN.
 - 5.4.3.1. BOMBAS PRINCIPALES
 - 5.4.3.1.1. BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES
 - 5.4.3.1.2. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES
 - 5.4.3.2. BOMBAS DE PRESURIZACIÓN (JOKEY)
 - 5.4.4. CAPACIDAD DE BOMBAS CENTRIFUGAS CONTRAINCENDIO.
 - 5.4.5. SISTEMAS DE ARRANQUE
 - 5.4.6. UBICACIÓN Y ALOJAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS
- 5.5. LA NRF-016-PEMEX-2010 "DISEÑO DE REDES CONTRAINCENDIO (INSTALACIONES TERRESTRES)"
 - 5.5.1. ALMACENAMIENTO DE AGUA DE ACUERDO A LA DEMANDA Y SUS INSTALACIONES A PROTEGER
 - 5.5.1.1. INSTALACIONES TIPO A
 - 5.5.1.2. INSTALACIONES TIPO B
 - 5.5.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO.



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRAINCENDIO PARA UNA INSTALACIÓN PETROLERA



5.5.2.1. BOMBAS PRINCIPALES Y BOMBAS REDUNDANTES (RELEVO) PARA SERVICIO CONTRAINCENDIO.

5.5.2.2. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA BOMBA DE MANTENIMIENTO DE PRESIÓN "JOCKEY".

5.5.3. DISEÑO DEL CABEZAL DE SUCCIÓN DE LAS BOMBAS.

5.5.4. DISEÑO DEL CABEZAL DE DESCARGA DE LAS BOMBAS.

5.5.5. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN PARA EL ARRANQUE DE LAS BOMBAS CONTRAINCENDIO.

5.5.6. PROGRAMACIÓN DE SECUENCIA DE ARRANQUE DEL EQUIPO PRINCIPAL Y REDUNDANTE.

5.5.7. FILOSOFÍA DE PARO DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.

5.5.8. CONTROLADORES Y ACCESORIOS PARA MOTORES DE BOMBAS CONTRAINCENDIO.

5.5.9. DISEÑO DE LA RED DE AGUA CONTRAINCENDIO

6. EJEMPLO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO A UN AREA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO

6.1. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRAINCENDIO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APÉNDICES

APÉNDICE A CRÍTERIOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE UNA RED CONTRAINCENDIO.

APÉNDICE B MATERIALES PARA REDES DE AGUA CONTRAINCENDIO

APÉNDICE C CLASIFICACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

BIBLIOGRAFÍA



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



INTRODUCCIÓN





INTRODUCCIÓN

Una necesidad muy antigua presentada al ser humano, fue la necesidad de transportar el agua de un lugar a otro, por lo que empezó a idear diversos mecanismos para su solución, iniciando así el desarrollo tecnológico en sistemas de bombeo. Hay una diversidad de mecanismos de bombeo (bombas), cuya capacidad, diseño y aplicación cubren distintas necesidades de la sociedad.

Arquímedes matemático y físico griego construyó una bomba de diseño sencillo en el año 300 A.C. aunque poco eficiente, esta bomba fue diseñada con un tornillo que giraba en una carcasa e impulsaba el líquido.

La National Fire Protection Association [NFPA] es una organización norteamericana a cargo de la creación y requerimientos de estándares mínimos para las actividades de prevención y extinción de incendios. El objeto principal de los sistemas de protección contra incendios establecido por las normas de la NFPA, es salvaguardar la seguridad de las personas e instalaciones y mantener la continuidad de las actividades ante cualquier incidente o emergencia.

Las bombas contraincendios son en esencia, iguales a las bombas que utilizamos para desplazar cualquier tipo de fluido. Las consideraciones adicionales correspondientes a las bombas contra incendio se presentan en la norma NFPA 20. Los factores que deben tomarse en cuenta con relación a este tipo de bombas son:

- Diseño y selección óptima para bombas contra incendio
- Uso de accesorios aprobados
- Capacidad adecuada para satisfacer la demanda de propagación del incendio

Los incendios constituyen el más grave riesgo para las viviendas y lugares de trabajo del ser humano. Las consecuencias ocasionadas por un incendio, se resumen en una sola palabra: "pérdidas".

Siempre habrá pérdidas materiales de bienes familiares, sociales o empresariales. Sin embargo, lo más grave y doloroso por ser pérdidas irreparables son las pérdidas de vidas humanas y el daño ecológico que llega a ocasionar este tipo de incidentes. Cabe destacar los efectos colaterales en Incendios que se han producido en la industria química, instalaciones petroleras, plantas de procesos industriales, por falta de seguridad y planes de emergencias inadecuados. Probablemente nunca dejara de haber incendios, pero sí es posible reducir notablemente las dimensiones del daño producido por cualquier tipo de fuego mediante acciones adecuadas de incremento de la protección contra incendios.



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRAINCENDIO PARA UNA INSTALACIÓN PETROLERA



El agua es considerada como un agente extintor del fuego, al ser mayor el caudal de agua aplicada a la superficie de un incendio, esta disminuye la presencia de oxígeno cerca del foco (ó lugar) del incendio, por lo que siempre se busca evitar que: él fuego se extienda, se encuentre aislado de otros materiales que favorezcan el incendio y que pueda ser controlado hasta ser extinguido.

Ante la eventualidad de un incendio y cuando se produce la demanda de agua, el equipo de bombeo proporciona el gasto requerido por el sistema poniendo en servicio su unidad de bombeo principal y las bombas jockey, alimentando así los puntos requeridos. Permitiendo enfriar el entorno al incendio por diferentes medios como: rociadores, cortinas de agua, hidrantes, monitores. Todos estos sistemas requieren agua por medio de una red presurizada permanentemente.

El diseño del sistema de bombeo de agua contraincendio descrito en este trabajo tiene por finalidad, proponer un enfoque práctico en el diseño y selección de un equipo de bombeo de agua contraincendio, para la protección de un tanque de almacenamiento de 200 mil barriles de petróleo crudo, tomando las recomendaciones establecidas por normas de la National Fire Protection Association [NFPA] y Petróleos Mexicanos.



CAPÍTULO 1

LOS PRINCIPIOS DEL FUEGO





1. LOS PRINCIPIOS DEL FUEGO

1.1. EL PROCESO DE COMBUSTIÓN

El término combustión se refiere generalmente a una reacción química exotérmica, es decir, que emite calor, que se produce entre ciertas sustancias y el oxígeno. El proceso está generalmente (aunque no necesariamente) asociado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico con emisión de luz. Generalmente, los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan antes de arder. A veces un sólido puede arder directamente en forma de incandescencia o rescoldos. La combustión de una fase gaseosa generalmente se produce con llama visible. Una combustión confinada con una súbita elevación de presión constituye una explosión.

1.1.1. REACCIONES OXIDANTES

Las reacciones oxidantes relacionadas con los incendios son exotérmicas, lo que significa que el calor es uno de sus productos. A menudo son reacciones complejas y no las conocemos por completo. Sin embargo, podemos formular algunas observaciones consideradas útiles.

Una reacción de oxidación exige la presencia de un material combustible y de un agente oxidante. Los combustibles son innumerables materiales que debido a su composición química, se pueden oxidar para producir otros compuestos relativamente estables.

Una reacción lenta es una reacción entre el oxígeno y cualquier sustancia, que se produce a lo largo de semanas o meses. Esta reacción, que no es una combustión, produce calor pero lentamente, de modo que la temperatura nunca sobre pasa en más de 6 ó 7 [°C] a la temperatura del entorno. Por ejemplo la oxidación de un metal. En la protección contra incendios se tratan por lo general reacciones de combustión entre diversos materiales y el oxígeno del aire.

La diferencia entre una reacción de oxidación lenta y una reacción de combustión es que esta última ocurre rápidamente, generando calor más velozmente de lo que se disipa, con una importante elevación de la temperatura de hasta centenares y a veces de miles de grados centígrados. Con frecuencia la temperatura es tan alta, que en la zona de la combustión se produce una luz visible.



Una llama es una reacción de oxidación en fase gaseosa que se produce en una zona mucho más caliente que a sus alrededores, y que generalmente produce luz. Por ejemplo, la llama amarilla de una vela o la llama azul de un mechero de gas.

Hemos dicho que la llama es gaseosa. Cuando arde un cuerpo sólido como un cerillo o una vela, una parte del calor de la llama gaseosa se transmite al sólido, haciendo que se evapore. Esta evaporación se puede producir con o sin descomposición química de las moléculas. Si se produce descomposición, la reacción se llama pirólisis. Hay otro modo de combustión que no produce llama, conocida como combustión incandescente, cerrada o sin llama; Por ejemplo, un cigarrillo. Los muebles tapizados con relleno de borra de algodón o espuma de poliuretano pueden arder también de esta manera. La combustión incandescente se limita generalmente a materiales porosos que pueden formar una escoria carbonosa lentamente; estos materiales porosos son malos conductores del calor, de modo que aunque la reacción de combustión se produce lentamente, conservan suficiente calor en la zona de reacción para mantener la temperatura elevada necesaria para que la reacción continúe.

La combustión necesita altas temperaturas y las reacciones deben sucederse de modo tan rápido que generen calor a mayor velocidad a la que este se disipa. De este modo, la zona de reacción no se enfría. Si se hace algo para alterar este equilibrio de calor, como aplicar un refrigerante, es posible que se apague la combustión. No es necesario que el refrigerante elimine el calor con la misma velocidad con que se genera, pues la zona de combustión pierde durante el incendio parte del calor, que se transmite a los alrededores más fríos. En algunos casos solo se necesita una pequeña pérdida adicional de calor para inclinar el proceso hacia la extinción.

La extinción se puede conseguir enfriando la zona de combustión gaseosa o el combustible sólido o líquido. En este último caso el enfriamiento evita la producción de vapores combustibles. Este es probablemente el principal modo de acción para apagar fuegos, de madera o leña, con agua.

Como alternativa a la eliminación del calor de la zona de combustión, también se puede reducir la temperatura de la llama modificando la composición del aire que suministra el oxígeno. El aire contiene un 21% de oxígeno en volumen, siendo el resto prácticamente solo nitrógeno, que es un gas inerte. El nitrógeno que llega a la llama junto con el oxígeno absorbe el calor, con el resultado de que la temperatura de la llama es mucho menor de lo que sería si quemara solo oxígeno. Si se añade al aire aplicado a la llama más nitrógeno o algún otro gas que no reaccione químicamente, como vapor, dióxido de carbono o una mezcla de productos de la combustión, el calor absorbido por estos gases inertes reducirá aun más la temperatura de la llama.



El hidrogeno se encuentra en la gran mayoría de los combustibles, excepto en los metales y el carbono puro. La capacidad de los átomos de hidrogeno de multiplicarse rápidamente en una llama depende así de la temperatura de la misma, que se modifica debido a la perdida de calor o a los gases inertes. Este proceso es el que lleva a la extinción. También es posible eliminar átomos de hidrogeno u otros elementos activos de la llama, por medios puramente químicos, es decir, aplicando otro elemento capaz de producir una inhibición química.

Para reducir la intensidad de la combustión de una llama y, en último término, producir su extinción, existen dos medios fundamentales que son: reducir la temperatura de la llama o aplicar un inhibidor químico que interrumpa la reacción en cadena.

1.1.2. CALOR

La combustión de la mayoría de los materiales es una reacción exotérmica de oxidación química. La energía generada se emite en forma de calor, por convección (gases calientes) y radiación. Esta última representa la energía liberada en las zonas visibles e infrarrojas del espectro, que se manifiesta como llamas o luminosidad de un fuego.

El calor representa un peligro físico para las personas. Si la energía calorífica total que incide sobre el cuerpo supera la capacidad de defensa del mismo, provoca desde lesiones menores hasta la muerte. Las consecuencias de la exposición al aire caliente se ven amplificadas si la atmosfera del fuego contiene humedad. A mayor contenido, mejora la eficiencia de transmisión de calor y el cuerpo pierde facultades para liberarse de la carga calorífica. El entorno del incendio puede contener humedad como consecuencia de las condiciones climatológicas, de la propia combustión y de la aplicación de agua para la extinción.

Si un exceso de calor alcanza rápidamente los pulmones, puede producir una drástica caída de la presión sanguínea, junto con el colapso de vasos sanguíneos, que conduzcan a un fallo circulatorio. Asimismo, el calor intenso puede originar la acumulación de fluido en los pulmones. Los ensayos realizados por el National Research Council de Canada (NRCC) revelaron que 300°F (140°C) es la máxima temperatura del aire respirado, que permite sobrevivir. Una temperatura de esta magnitud solo puede tolerarse durante un breve periodo de tiempo y en ningún caso con presencia de humedad.

Las quemaduras cutáneas suelen clasificarse como de primer, segundo ó tercer grado. Las quemaduras de primer grado solo afectan a la piel y se caracterizan por un enrojecimiento anormal y, a veces, pequeñas acumulaciones de fluido bajo la misma. Las de segundo grado



penetran en la piel, a mayor profundidad. La zona quemada aparece húmeda y rosada; surgen ampollas y normalmente se produce considerable acumulación de fluido subcutáneo. Las de tercer grado son casi siempre secas, carbonizadas y de color blanco nacarado. Si un elevado porcentaje del tejido sufre quemaduras de tercer grado, las consecuencias posteriores son gravísimas.

La exposición a un exceso de calor puede originar la muerte por hipertermia sin producir quemaduras. La hipertermia acontece cuando el cuerpo absorbe calor con mayor rapidez que lo elimina por evaporación de la humedad superficial y por radiación. Entonces se eleva la temperatura de todo el cuerpo, hasta un nivel bastante superior al normal originando lesiones y, posiblemente, la muerte.

1.1.3. HUMO VISIBLE

Además de los gases de la combustión, el humo se compone de partículas finamente divididas y líquido atomizado, conocido como aerosol. Esta materia carbonosa se genera al arder en condiciones de combustión incompleta la mayor parte de los materiales. Dado que el tamaño medio de las partículas y aerosoles es aproximadamente igual a la longitud de onda de la luz visible, se produce dispersión de la luz y se oscurece la visión a través del humo. Los productos derivados del petróleo, especialmente los hidrocarburos aromáticos, generan un humo negro con mucho hollín. No obstante, no existe relación entre el color del humo y la toxicidad de los gases presentes.

Dado que el humo oscurece el paso de la luz, dificulta la visibilidad de las salidas. La producción de cantidad de humo suficiente para dificultar la salida, puede ser muy rápida y normalmente es el primer riesgo que se presenta en un incendio.

1.1.4. TRIÁNGULO Y TETRAEDRO DEL FUEGO

El fuego no puede existir sin la conjunción simultánea del combustible (material que arde), del comburente (oxígeno del aire) y de la energía de activación (chispas mecánicas, soldaduras, fallos eléctricos, etc.) Si falta alguno de estos elementos, la combustión no es posible (reacción de oxidación entre un combustible y un comburente, iniciada por una energía de activación). A cada uno de estos elementos se los presenta como lados de un triángulo, llamado triángulo de fuego, que es la representación de una combustión sin llama o incandescente. Existe otro factor llamado "reacción en cadena", que interviene de manera decisiva en el incendio. Si se interrumpe la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, no será posible la continuación del incendio, por lo que ampliando el concepto de triángulo del fuego a otro similar con cuatro factores obtendremos el tetraedro del fuego, que representa una combustión con llama.

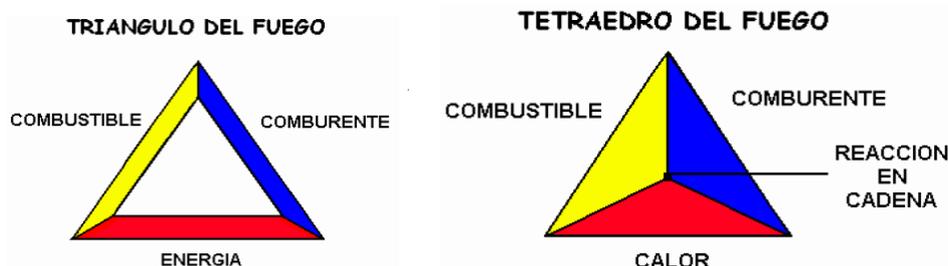


Figura 1.1 TRIANGULO Y TETRAEDRO DEL FUEGO.

1.1.5. CLASIFICACIÓN DEL FUEGO.

Los fuegos deberán ser clasificados de acuerdo a las guías especificadas mostrados en la tabla 1.1.

CLASE DE FUEGO	CARACTERISTICAS
Fuegos Clase A	Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela papel, caucho y muchos plásticos.
Fuegos Clase B	Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
Fuegos Clase C	Son incendios en sitios que involucran equipos eléctricos energizados
Fuegos Clase D	Son aquellos fuegos en metales combustibles como Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio, Litio y Potasio.
Fuegos Clase K	Fuegos en aparatos de cocina que involucren un medio combustible para cocina (aceites minerales, animales y grasas

Tabla 1.1 TIPOS DE FUEGO.



1.2. LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES

Todos los productos líquidos derivados del petróleo quedan comprendidos dentro de los grupos de sustancias inflamables o combustibles siguientes, de acuerdo a la clasificación de la NFPA 30 en su edición de 2008. La norma NFPA 30, "Código de Líquidos Inflamables y Combustibles", fue preparada y asentada en actas por la **National Fire Protection Association**. [NFPA]

1.2.1. LÍMITES DE INFLAMABILIDAD

Son los límites máximo y mínimo de la concentración de una combustión dentro de un medio oxidante, por lo que en una llama, una vez iniciada continua propagándose a presión y temperatura especificadas. Por ejemplo, las mezclas de aire e hidrogeno permiten la propagación de la llama si la concentración de hidrogeno se encuentra entre el 4 y el 74 por ciento en volumen, 70°F (21°C) y a presión atmosférica la cifra menor corresponde al valor límite mínimo (mezcla pobre) y la mayor al límite máximo (mezcla rica) de la inflamabilidad. Al aumentar la temperatura de la mezcla es ensancha el margen de inflamabilidad; al disminuir la temperatura el margen se estrecha [véase figura 1.2]. Al disminuir la temperatura, una mezcla inflamable puede dejar de serlo, al quedar situada por encima o por debajo de los límites de inflamabilidad, según las condiciones ambientales

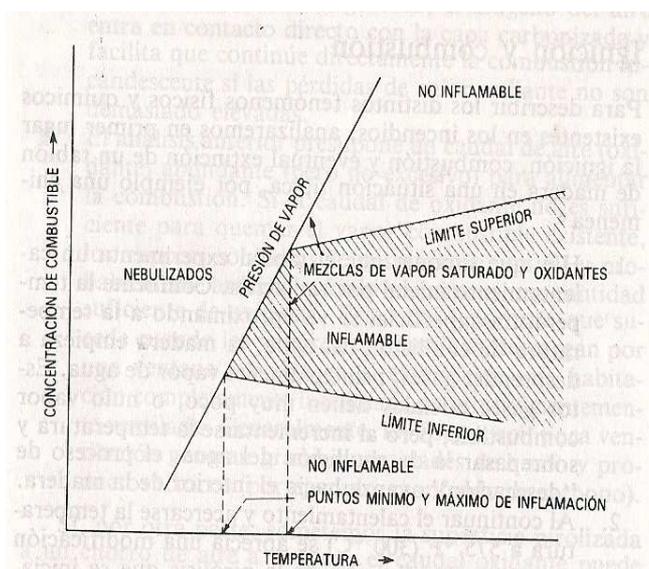


Figura 1.2 LÍMITES DE INFLAMABILIDAD.



Según muestra la figura 1.2, si los combustibles líquidos están en equilibrio con sus vapores en el aire, cada combustible presenta una temperatura mínima por encima de la cual hay vapor en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable de vapor-aire.

1.2.2. TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN.

Hay una temperatura máxima por encima de la cual la concentración del vapor combustible es demasiado elevada para propagar la llama. Estas temperaturas mínimas y máximas son denominadas, respectivamente, temperatura mínima y máxima de inflamación en el aire. Si las temperaturas son inferiores a la temperatura más baja de inflamación, el vapor del combustible en la fase gaseosa no es suficiente para permitir la ignición homogénea. Las temperaturas de inflamación de un líquido combustible aumentan al hacerlo la presión ambiente.

1.2.3. PUNTO DE EBULLICIÓN.

El punto de ebullición es la temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido iguala la presión atmosférica circundante. Para los propósitos de la definición del punto de ebullición, la presión atmosférica se considerará igual a 14,7 lb/pulg² abs. (760 mm Hg). Para mezclas que no poseen un punto de ebullición constante, el punto correspondiente al 20 por ciento de evaporación de una destilación efectuada, será considerada como el punto de ebullición, de acuerdo a pruebas realizadas por la *American Society for Testing and Materials ASTM*, en la norma ASTM D 86, "Método de Ensayo Normalizado para la Destilación de Productos Petrolíferos".

1.2.4. PUNTO DE INFLAMACIÓN.

La temperatura más baja que necesita un líquido contenido en un recipiente abierto para emitir vapores en proporción suficiente, para permitir la combustión se denomina punto de inflamación. Esta temperatura generalmente es superior en unos cuantos grados a la temperatura más baja de inflamación. En los combustibles usuales, la velocidad mínima de producción de vapores necesaria para permitir la combustión oscila alrededor de 2 [gramos/m² segundo].

Debemos señalar que el fuego puede propagarse sobre líquidos cuyas temperaturas son muy inferiores a sus temperaturas de inflamación más bajas, si existe previamente un foco de ignición. En estos casos, el foco de ignición, o el propio fuego, calientan la superficie del líquido en la zona, de modo que aumenta su temperatura por encima del punto de inflamación.



Para obtener el punto de inflamación de los productos petrolíferos se hace un ensayo que consiste, en calentar una muestra del producto en un recipiente abierto o cerrado y a velocidad determinada, hasta que se haya vaporizado una cantidad suficiente de elementos volátiles susceptibles de ser inflamada por una pequeña llama que se desplaza por encima de recipiente. Tan pronto se produce una ligera explosión, se anota la temperatura del producto que corresponde al punto de inflamación o “flash point”. Si se continúa calentando, se obtiene una llama estable. La temperatura correspondiente es el punto de combustión, algunos grados superiores al punto de inflamación.

1.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.

El siguiente sistema de clasificación de acuerdo a la norma NFPA 30, divide los líquidos inflamables en tres categorías. Es conocido el hecho de que, en la mayor parte de las zonas geográficas las temperaturas interiores pueden alcanzar 100 °F (38°C) en alguna época del año. Por ese motivo, todos los líquidos con punto de inflamación inferior a dicha temperatura ambiente se incluyen en la llamada clase I. En algunas zonas la temperatura ambiente puede superar los 100 °F (38°C) y bastaría un calentamiento moderado para que el líquido alcanzara su punto de inflamación, sobre esta base, se definen los líquidos clase II como aquellos cuyo punto de inflamación entre 100 y 140 °F (38 a 60°C). Por último se clasifican como líquidos de clase III aquellos que, teniendo puntos de inflamación superiores 140 °F (60°C), requieren para su ignición una considerable aportación de calor de una fuente distinta al ambiente.

1.2.5.1. LIQUIDOS INFLAMABLES.

1. Los líquidos inflamables tienen puntos de inflamación inferiores a una temperatura de 100 °F (38°C) y presiones de vapor que no superen 40 psi a una temperatura de 100 °F (275 kpa a una temperatura de 38°C.)
2. Los líquidos de clase I son aquellos cuyo punto de inflamación está por debajo de una temperatura de 100 °F (38°C), y se pueden subdividir así:
 - a. **Clase IA:** líquidos cuyo punto de inflamación es inferior a una temperatura de 73°F (23°C) y su punto de ebullición inferior a una temperatura de 100 °F (38°C).



- b. **Clase IB:** líquidos cuyo punto de inflamación es inferior a 73°F (23°C) y su punto de ebullición superior a una temperatura de 100 °F (38°C).
- c. **Clase IC:** líquidos con punto de inflamación entre 73°F (23°C) y 100 °F (38°C).

1.2.5.2. LIQUIDOS COMBUSTIBLES.

Son aquellos con punto de inflamación igual o superior a una temperatura de 100 °F (38°C). Se subdividen como sigue:

1. **Clase II:** liquido con punto de inflamación igual o superior a una temperatura de 100 °F (38°C) e inferior a una temperatura de 140 °F (60°C)
2. **Clase III A:** liquido con punto de inflamación igual o superior a una temperatura de 140 °F (60°C) e inferior a una temperatura de 200 °F (93°C)
3. **Clase III B:** liquido con punto de inflamación igual o superior a una temperatura de 200 °F (93°C).

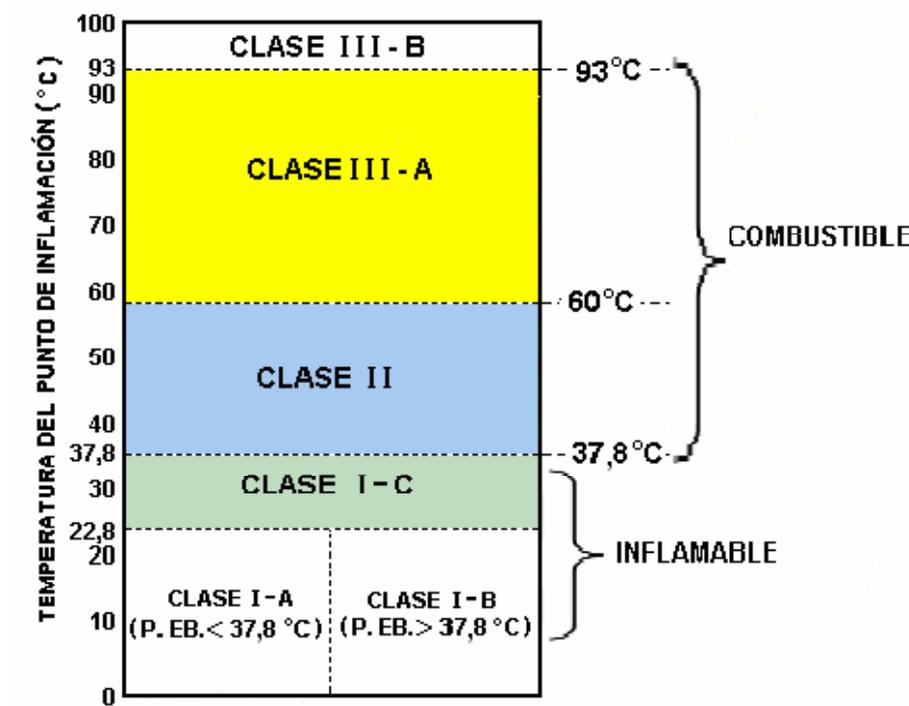


Figura 1.3 .CLASIFICACIÓN DE LÍQUIDOS INFLAMABLES O COMBUSTIBLES.



1.2.6. SÓLIDOS CON PUNTO DE INFLAMACIÓN

Muchos productos químicos combustibles que son sólidos a temperatura de 100 °F (38°C) o más, se clasifican como sólidos. Al calentarse se transforman en líquidos y emiten vapores inflamables, pudiéndose entonces determinar su punto de inflamación. En estado líquido, estos sólidos se consideran como líquidos con puntos de inflamación similares. Algunos sólidos manufacturados, como ceras en pasta pueden contener cantidades variables de líquidos inflamables. El punto de inflamación y la cantidad de líquido contenido en dichos sólidos indican su grado de riesgo

1.2.7. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.

1.2.7.1. DENSIDAD RELATIVA.

Puesto que la densidad del agua es igual a la unidad, un líquido con una densidad relativa menor que la unidad [1] flotara en el agua (a menos que sea soluble en ella). Una densidad relativa superior a uno significa que el agua flotara sobre el líquido. Este factor es de relevante importancia en la lucha contra incendios de líquidos inflamables y combustibles.

1.2.7.2. DENSIDAD DE VAPOR

En protección contra incendios, la densidad de vapor se expresa como la relación entre la masa de un volumen de vapor y la masa de un volumen equivalente de aire, en las mismas condiciones de presión y temperatura. En este aspecto, para determinar la densidad relativa de un líquido tomamos como patrón de referencia la densidad del fluido universal, que es el agua, excepto en que el aire se toma como patrón de referencia para obtener la densidad relativa de un gas. La densidad del vapor se refiere a él. Una densidad de vapor 3 (3:1) significa que el vapor es tres veces más denso o pesado que el aire.

$$\rho = \frac{\text{masa molecular del vapor}}{\text{masa molecular del aire}} = \frac{x}{29}$$

Las densidades de vapor se dan en condiciones de equilibrio de temperatura y presión atmosférica. Si varían dichas condiciones cambiara sustancialmente para cualquier vapor la densidad del mismo. Por lo general, rara vez se encuentran vapores puros, excepto el líquido se almacena por encima de su punto de ebullición. En aquellos líquidos almacenados y manipulados por debajo de su punto de ebullición, el vapor situado por encima del líquido estará mezclado con aire. Generalmente, las densidades de vapor se emplean como índice de la tendencia del vapor a elevarse o asentarse.



1.2.7.3. VISCOSIDAD

La viscosidad de un líquido es la medida de su resistencia a fluir en una superficie, que resulta de los efectos de adhesión y cohesión. Aunque existen diferentes aparatos reconocidos para determinar la viscosidad, los principios de medición son los mismos. Se trata de medir el tiempo necesario para que una cantidad predeterminada de líquido fluya a un recipiente o a través de un orificio de dimensiones prescritas y a una determinada temperatura específica.

1.2.7.4. PRESIÓN DE VAPOR.

Las moléculas de un líquido se encuentran en constante movimiento, dependiendo esta movilidad de su temperatura interior, y se escapan continuamente de la superficie libre del líquido hacia el espacio superior. Algunas de ellas permanecen flotando en el espacio mientras que otras, debido al movimiento errático, colisionan con la superficie, entrando de nuevo a formar parte del mismo. Si el líquido se encuentra en un recipiente abierto, las moléculas escapadas, que colectivamente se llaman vapor, se alejan de la superficie; se dice entonces que el líquido se evapora. Si, por otra parte, el líquido se encontrara en un recipiente cerrado, el movimiento de dispersión de las moléculas quedaría limitado al espacio del líquido. Al aumentar el número de moléculas que chocan con la superficie del líquido y vuelven a entrar en él, se llega a alcanzar un punto de equilibrio en el que la cantidad de moléculas escapadas del líquido iguala a la cantidad de moléculas que vuelven a entrar en el mismo. La presión ejercida por el vapor que se escapa en este punto de equilibrio, constituye la denominada **PRESION DE VAPOR**. La presión de vapor se mide en libras por pulgadas cuadradas absolutas (psia) o kilo pascales (kpa).

Las presiones de vapor de los líquidos del petróleo se determinan normalmente por el método Reid, según recomienda la American Society for Testing and Materials, norma ASTM D-323.

1.2.7.5. ÍNDICE DE EVAPORACIÓN

El índice de evaporación es la velocidad a la que un líquido pasa a estado de gas ó vapor a una temperatura y presión dadas. Todos los materiales se evaporan, pero lo importante para la protección contra incendios es la diferente velocidad de evaporación de las mezclas. En general, al disminuir el punto de ebullición, la presión de vapor y el índice de evaporación aumenta.



1.2.7.6. CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN

El calor latente de vaporización es la cantidad de calor que se absorbe cuando un gramo de líquido se transforma en vapor a la temperatura de ebullición y a 1 atmósfera de presión; se expresa en calorías por gramo [cal/gr] o en Btu (British thermal unit) por libra.

1.2.7.7. LIMITES DE INFLAMABILIDAD (EXPLOSIVIDAD)

El término "límite inferior de inflamabilidad" (L.I.I.) se refiere a la concentración mínima de vapor-aire por debajo de la cual el fuego no se propaga. El "límite superior de inflamabilidad" (L.S.I.) es la máxima concentración de vapor-aire por encima de la cual no se produce la propagación de la llama. Si una mezcla de vapor-aire se encuentra por debajo del límite mínimo de inflamabilidad se le considera "demasiado pobre" para arder; si está por encima del límite máximo de inflamabilidad es "demasiado rica".

Cuando la relación vapor-aire se sitúa en algún punto entre ambos límites, pueden producirse incendios y explosiones. En este caso, la mezcla está dentro de su grado de inflamabilidad o de explosión. Cuando se encuentra en el grado intermedio entre L.I.I. y L.S.I. la energía se produce más intensa y violenta que cuando la mezcla se aproxima a cualquiera de los dos límites.

1.2.7.8. CARACTERÍSTICAS DE LA COMBUSTIÓN DE LOS LÍQUIDOS.

En realidad, cuando los líquidos inflamables arden, lo que realmente arde son sus vapores; por lo tanto, la facilidad de ignición de estos líquidos, así como su velocidad de combustión, están relacionados con sus propiedades de presión de vapor, punto de inflamación y de ebullición, e índice de evaporación. Los líquidos cuyos vapores estén dentro de sus límites de inflamabilidad por encima de su superficie a la temperatura de almacenamiento, tendrán una rápida velocidad de propagación de las llamas. Los líquidos inflamables y combustibles cuyos puntos de inflamación sean superiores a la temperatura de su almacenamiento tendrán una velocidad de propagación de las llamas más baja, puesto que es necesario que el calor producido por el fuego caliente suficientemente la superficie del líquido para que se forme una mezcla vapor-aire inflamable antes de que las llamas se extiendan a través del vapor.

Hay muchos factores variables que afectan a la velocidad de propagación de las llamas y a la combustión, entre tales factores hay que incluir los ambientales, la velocidad del viento, la temperatura, el calor de la combustión, el calor latente de vaporización y la presión barométrica.



Normalmente, los hidrocarburos líquidos arden con una llama naranja y emitiendo densas nubes de humo negro. Los alcoholes arden normalmente con una llama limpia de color azul y con muy poco humo.

1.2.7.9. RIESGOS DE LOS LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES

No son los líquidos inflamables y combustibles los que arden o explotan, sino los vapores inflamables procedentes de su evaporación cuando su temperatura se eleva por encima del punto de inflamación al quedar expuestos a una fuente de ignición, tal como una chispa. La mayoría de los líquidos inflamables se almacenan y se manipulan normalmente por encima de su punto de inflamación, continuamente están produciendo vapores que, mezclados con el aire pueden ser inflamables.

Se produce una mezcla inflamable, cuando la concentración de vapor en el aire llega a una determinada proporción, conocida generalmente como límite de inflamabilidad (o explosividad). El límite inferior de esta escala se conoce como punto inferior de inflamación (PIE). El límite superior es conocido como punto superior de inflamación (PSE).

Las explosiones de las mezclas de aire con vapor inflamable en las proximidades del límite inferior o superior de inflamabilidad, son menos intensas que las que se generan con concentraciones intermedias de la misma mezcla. Donde con mayor frecuencia se producen explosiones es en espacios cerrados, tales como los contenedores, tanques, habitaciones o edificios. La violencia de las explosiones de vapores inflamables depende de la naturaleza de los vapores, de la cantidad de mezcla, de la concentración de la misma y del tipo de confinamiento.

La rotura de un contenedor como consecuencia de una sobrepresión es un fenómeno distinto de la explosión de una mezcla vapor inflamable-aire en el interior de un recipiente.

La gasolina es el líquido inflamable de mayor uso. Es conocida su facilidad para emitir vapores inflamables a temperatura ambiente. Existen otros muchos productos volátiles inflamables. La publicación número 325M de la NFPA, "Riesgos de Incendio de Líquidos Inflamables, Gases y Sólidos Volátiles, contiene una relación completa de los líquidos inflamables y combustibles de uso más común y sus propiedades.

El punto de inflamación no es el único factor en que debe basarse la evaluación del riesgo, también influyen; la temperatura de ignición, los límites de inflamabilidad, el índice de evaporación, la reactividad en estado impuro o expuesto al calor, la densidad e índice de difusión y otros factores. El punto de inflamación y los otros factores que determinan la susceptibilidad relativa de un líquido inflamable ó combustible, tienen comparativamente



poca influencia sobre las características de su combustión cuando el fuego lleva encendido cierto tiempo.

El empleo de los líquidos combustibles e inflamables producidos por empresas químicas y petroquímicas aumenta constantemente. Aunque muchos de estos productos pueden considerarse líquidos normales o estables, hay otros que plantean problemas de estabilidad o reactividad.

El almacenaje, manipulación y empleo de líquidos combustibles o inflamables inestables (reactivos) exige una atención especial. Podría ser necesario aumentar las distancias con otros bienes y el distanciamiento de los depósitos entre sí o, en su defecto, proporcionar una protección anti-incendio adicional. Por ejemplo, es desaconsejable situar próximos entre sí dos depósitos de líquidos inflamables o combustibles, siendo uno de ellos reactivo al agua y el otro al calor; en caso de iniciarse un fuego, si se aplicase agua para protegerlo, podría caer dentro del tanque que contiene el líquido reactivo al agua y provocar su violenta reacción.



CAPÍTULO 2

EL SISTEMA ACTÍVO DE PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO





2. EL SISTEMA ACTIVO DE PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO

En los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos se debe contar con medidas de prevención y protección, así como con sistemas y equipos para el combate de incendios, en función al tipo y grado de riesgo de la naturaleza de la actividad. Los sistemas de protección contra incendios constituyen un conjunto de equipamientos diversos y se basan en dos tipos de medidas:

1. Medidas de protección pasiva.
2. Medidas de protección activa.

2.1. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PASIVA

Son medidas que tratan de minimizar los efectos dañinos del incendio una vez que este se ha producido. Básicamente están encaminadas a limitar la distribución de llamas y humo; permitiendo la evacuación ordenada y rápida en una situación de emergencia. Algunos ejemplos de estas medidas son:

- Puertas cortafuegos.
- Dimensiones y características adecuadas de las vías de evacuación.
- Señalizaciones e iluminación de emergencia.
- Compuertas en conductos de aire.
- Recubrimiento de las estructuras (para maximizar el tiempo antes del colapso por la deformación debido al incremento en la temperatura).

2.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN ACTIVA

Son medidas diseñadas para asegurar la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápidamente posible y evitar así su extensión en el edificio. Dentro de este apartado se han de considerar dos tipos de medidas:

- Medidas de detección de incendios, que suelen estar basadas en la detección de humos (iónicos u ópticos) ó de aumento de temperatura.
- Medidas de extinción de incendios, que pueden ser manuales o automáticos:

2.2.1. MEDIDAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS MANUALES

- Extintores
- Bocas de incendio equipadas (BIE),
- Hidrantes.
- Monitores

2.2.2. MEDIDAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS AUTOMÁTICOS

Dotados de sistemas de diversos productos para extinción:

- Agua (rociadores, cortinas de agua, espumas, agua pulverizada).
- Gases [Halones].

La estructura de los sistemas de riesgo, tanto en el caso de instalaciones manuales como automáticas es similar, cuentan con un sistema de suministro de agua, que puede ser un depósito de almacenamiento de agua y un grupo de bombas (a menudo con alimentación eléctrica autónoma) o bien una entrada directa de la red de suministro.

2.3. BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (BIE)

Conjunto de elementos necesarios para transportar y proyectar agua desde un punto fijo de una red de abastecimiento de agua hasta el lugar del incendio, compuesto como mínimo por válvula, manguera y lanza. Sistema de lucha manual contra incendios compuesto por un abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y las bocas de incendio equipadas necesarias.



Boca de incendio equipada de 25 mm + toma adicional de 45 mm



Boca de incendio equipada de 25 mm + módulo para extintor (empotrada)



Boca de incendio equipada de 45 mm

Figura 2.1 BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (BIE).

2.4. EXTINTOR

Aparato que contiene un agente extintor que puede ser proyectado y dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna, obtenida por una compresión previa permanente, por una reacción química o por la liberación de un gas auxiliar.



2.4.1. AGENTE EXTINTOR

Conjunto del o de los productos contenidos en el extintor y cuya acción provoca la extinción.

2.4.2. CARGA DE UN EXTINTOR

Masa o volumen del agente contenido en el extintor, cuantificado en litros en los aparatos a base de agua y en kilogramos en el resto.

2.4.3. TIPOS DE EXTINTORES (CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CARGA DEL AGENTE EXTINTOR Y EQUIPO)

EXTINTORES PORTÁTILES Ó MANUALES

Son aquéllos cuya masa total transportable es inferior o igual a 20 kg.

EXTINTORES SOBRE RUEDAS

Son aquéllos que están dotados de ruedas para su desplazamiento. Podrán transportarse por una o varias personas, o mediante remolque.



Figura 2.2 EXTINTORES PORTATILES Y EXTINTORES SOBRE RUEDAS.



AGENTE EXTINTOR	CLASE DE FUEGO (*)			
	A Materias sólidas	B Líquidos	C Gases	D Metales
Agua Aditivada	Aceptable	Aceptable (combustibles líquidos no solubles en agua, gas-oil, aceite...)		
Espuma	Muy adecuado	Muy adecuado		
Nieve Carbonica Anhídrido Carbónico (CO2)	(Fuegos pequeños. No apaga brasas)	Aceptable		
Gas Limpio*	Aceptable (Fuegos pequeños)	Adecuado		
Polvos Seco BC		Muy adecuado	Adecuado	
Polvos Seco ABC (polivalente)	Adecuado	Muy adecuado	Adecuado	
Polvos Especifico Metales				Adecuado

Tabla 2.1 ELECCIÓN DEL AGENTE EXTINTOR (SEGÚN LA CLASE DE FUEGO)

2.5. HIDRANTES

Los hidrantes son tomas de agua conectadas a la red de agua contra incendios y sus funciones principales son:

1. Suministro de agua a las mangueras o monitores a ellos conectados, para la extinción manual de incendios.
2. Abastecimiento de agua a vehículos auto-bomba de los Servicios Públicos de Extinción de Incendios.

Los dos tipos principales de hidrantes son el de cilindro seco y el de cilindro húmedo. El hidrante de cilindro seco es utilizado en zonas de clima frío. Cuando el hidrante está cerrado, el cilindro debe estar vacío desde la parte superior del hidrante hasta la válvula principal. El agua que permanece en un hidrante de cilindro seco cerrado se vacía mediante un pequeño orificio de drenaje situado en la parte inferior del hidrante, cerca de la válvula principal.

Los hidrantes de cilindro húmedo sólo pueden utilizarse en zonas donde no se produzcan congelaciones por el clima. este tipo de hidrantes suele tener una válvula de compresión en cada salida o puede poseer una única válvula en la tapa que controla el flujo del agua hasta todas las salidas. El hidrante está siempre lleno de agua hasta las válvulas cercanas a las descargas.



Figura 2.3 HIDRANTE.

Las tapas, los cilindros y los pies de hidrantes suelen estar fabricados con hierro colado. Las partes importantes del funcionamiento suelen estar fabricadas con bronce, y las caras de las válvulas pueden ser de goma, piel o materiales compuestos.

El flujo de un hidrante varía por diversos motivos. En primer lugar, es evidente que la proximidad de las tuberías de alimentación de un hidrante y el tamaño de éstas [diámetro de la tubería] repercuten en la cantidad del flujo. La sedimentación y los depósitos en el sistema de distribución pueden aumentar la resistencia al flujo de agua. Estos problemas pueden aparecer con el paso del tiempo, por lo que los sistemas de agua más antiguos pueden experimentar un declive del flujo disponible.

2.6. LA MANGUERA CONTRA INCENDIOS

El término manguera contra incendios identifica un tipo de tubo flexible que utilizan los bomberos para transportar agua a presión desde el abastecimiento de agua hasta el lugar donde debe descargarse. Para que una manguera contra incendios sea segura, debe haber sido fabricada con los mejores materiales y únicamente debe utilizarse en actuaciones contra incendios. Debe ser flexible, impermeable, tener un forro interior liso y una cubierta exterior duradera [también llamada recubrimiento exterior]. En función del uso al que se destine la manguera contra incendios, éstas pueden fabricarse de diferentes modos, por ejemplo, con recubrimiento sencillo, con recubrimiento doble, con recubrimiento de goma sencillo y de goma dura no flexible.



Figura 2.4 MANGUERA CONTRA INCENDIOS.

2.6.1. TAMAÑOS DE LAS MANGUERAS CONTRA INCENDIOS

Cada uno de los tamaños de las mangueras contra incendios está diseñado con un propósito específico. Las indicaciones sobre el diámetro de la manguera hacen referencia a las dimensiones del diámetro interior de la manguera. Las mangueras blandas están disponibles en tamaños que van de 65 a 150 mm (2,5 a 6 pulgadas). Las mangueras contra incendios suelen cortarse y acoplarse en longitudes de 15 y 30 m (50 y 100 pies) para que se puedan manipular y sustituir más fácilmente, aunque también existen mangueras de otras longitudes. Estas longitudes también se llaman tramos, y deben conectarse unos a otros para conseguir una línea de mangueras continua. La manguera de toma se utiliza para conectar el autobomba o una bomba portátil del cuerpo a una fuente de abastecimiento de agua cercana.

2.7. LANZA CONTRA INCENDIO

Las lanzas son los elementos encargados de transformar la energía cinética y de presión que posee el agua de la red. Existen distintos tipos de lanzas, las más comunes son las de chorro pleno, las de chorro pleno regulable y las de chorro y niebla. La elección del tipo de lanza se halla en función de la clase de fuego a combatir y de la clase de objetos que están ardiendo.

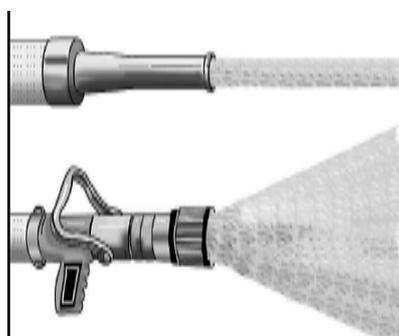


Figura 2.5 LANZA CONTRA INCENDIO.

2.8. MONITOR CONTRA INCENDIO

Se da el nombre de monitor contraincendio, a un dispositivo con boquilla de preferencia regulable, para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de neblina; con mecanismos que permitan girar la posición de la boquilla 120° en el plano vertical y 360° en el plano horizontal y a la vez mantenerla estable en la dirección deseada. Para el ataque y control de incendios de gran envergadura y/o enviar chorros a gran distancia, se utilizan equipos denominados monitores, los que permiten que con escaso personal se pueda manejar grandes caudales y las fuerzas derivadas de estos.



Figura 2.6 MONITOR CONTRA INCENDIO.

2.9. SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

Los sistemas de agua pulverizada o de diluvio son un conjunto de tuberías fijas conectadas a una fuente de abastecimiento de agua para la protección contra incendios, dotado de boquillas pulverizadoras. El agua es lanzada de una forma especial, con unas dimensiones de partícula, una velocidad y una densidad de pulverización determinadas, que se descarga por aparatos y lanzas especiales diseñados para este fin. Los sistemas de agua pulverizada para la protección y lucha contra incendios se llaman también de diluvio o niebla de agua. Los sistemas de agua pulverizada se utilizan en aplicaciones de alto riesgo. Son sistemas que permiten la aplicación de agua en predeterminadas condiciones de distribución, tamaño de las gotas, velocidad y densidad, a partir de boquillas especialmente diseñadas para aplicaciones específicas tales como:

- Control de la intensidad del incendio
- Protección de equipos frente a incendios externos
- Prevención de incendio (dispersión de nubes de gas)

La diferencia entre el agua pulverizada y los rociadores radica principalmente en el concepto de **"inundación total"** en los primeros, se debe a la forma del control y disparo automático, y en las distintas formas de proyección del agua que se dispone a elegir en función del riesgo,

a diferencia con la de los rociadores que cuya forma de proyección es única. Los sistemas de agua pulverizada se utilizan principalmente en riesgos industriales y su aplicación va normalmente asociada con sistemas automáticos de detección de calor o humo, que los controlan y gobiernan. (ver tabla 2.2.).

		Boquilla pulverizadora de cono lleno Acabados: Bronce y Niquelado. Ángulos de descarga: 30°, 60°, 90°, 120°, y 140°. Factor K: entre 17 y 75 Fabricante: Viking Sprinkler S.A.
		Boquilla pulverizadora de chorro plano Acabado: niquelado. Ángulos de descarga: 120° Factor K: entre 0,23 y 205. Fabricante: SABO Española, S.A.
		Boquilla pulverizadora de chorro plano Acabado: niquelado. Ángulos de descarga: 45°, 60°, 90°, 120°. Factor K: entre 11,2 y 71. Fabricante: SABO Española, S.A.
		Boquilla pulverizadora de chorro lleno Acabado: latón Ángulos de descarga: 45°, 60°, 90°, 120°. Factor K: entre 0,76 y 23,87. Fabricante: SABO Española, S.A.
		Boquilla pulverizadora de espiral Acabado: latón Ángulos de descarga: 45°, 60°, 90°, 120°. Factor K: entre 3,2 y 291. Fabricante: SABO Española, S.A.
		Boquilla pulverizadora de cono lleno Acabado: latón Ángulos de descarga: de 90° a 160°. Factor K: entre 15,9 a 99,5. Fabricante: Tyco Fire & Building Products.

Tabla 2.2 TIPOS DE BOQUILLAS PULVERIZADORAS.

Se utiliza para la protección de los siguientes riesgos:

- Equipos de proceso en refinerías y plantas químicas.
- Tanques de almacenamiento de líquidos inflamables
- Tanques horizontales de almacenamiento.
- Transformadores eléctricos de aceite.
- Elementos estructurales expuestos al fuego o derrames.

2.10. SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR ROCIADORES

Un rociador es una válvula de agua, cerrada o sellada, normalmente, por un disco termo sensible. Son dispositivos que utilizando el agua como agente extintor, lo descargan automáticamente en las condiciones previamente calculadas, sobre el punto incendiado, sin intervención humana y en cantidad suficiente para extinguirlo totalmente o bien impedir su propagación. La protección mediante rociadores automáticos consiste en una serie de rociadores (a veces también denominados cabezas de rociador) organizados de tal modo que el sistema distribuye de forma automática las cantidades suficientes de agua directamente sobre un fuego para extinguirlo o mantenerlo bajo control hasta que lleguen los bomberos.

Las principales pautas que hay que seguir a la hora de establecer el diseño óptimo en un sistema de extinción por rociadores se describe en la norma NFPA 13, "Instalación de sistemas de rociadores". Esta norma establece requisitos sobre el diseño de los rociadores, el tamaño de la tubería que hay que utilizar, el método adecuado para colgar la tubería y los otros detalles sobre la instalación de un sistema de rociadores.

2.10.1. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LOS ROCIADORES

Los rociadores descargan agua después de soltar una tapa o un tapón activado mediante un elemento de respuesta al calor. El rociador puede considerarse una boquilla fija de aspersión que funciona independientemente mediante un detector térmico. Existe un gran número de tipos y diseños de rociadores (ver tabla 2.3.).

Modelo convencional



Diseñados para producir una descarga de agua sobre la materia en combustión. Existen los modelos "montante", instalados encima de la tubería de descarga y "colgante", instalados debajo.

Modelo decorativo



Para uso con tubería oculta, se instalan siempre en posición "colgante" con placa o escudo para empotrar en el falso techo. El elemento fusible queda expuesto a la zona a proteger, o sea debajo del falso techo.

Modelo de pared



Diseñados para instalar cerca de las paredes, la mayor parte del agua descarga por el lado contrario al muro y solo una muy pequeña parte sobre la misma pared.

Tabla 2.3 TIPOS DE ROCIADORES.

2.10.2. SISTEMA DE ROCIADORES DE DILUVIO

Es un sistema de rociadores abiertos, que permite la aplicación inmediata de agua sobre toda el área protegida al abrirse la válvula en la línea de suministro, activada por un sistema de detección de incendio situado en la misma área que los rociadores. Este sistema se usa generalmente en áreas de alto riesgo que contiene líquidos inflamables y existe la posibilidad que el incendio pueda propagarse rápidamente.



2.11. TEORIA DE LA EXTINCION DEL FUEGO

Básicamente existen cuatro métodos de extinción de un incendio:

1. Separar físicamente la sustancia combustible de la llama.
2. Eliminar o reducir la cantidad de oxígeno.
3. Reducir la temperatura del combustible [o la de la llama].
4. Aplicar productos químicos que modifiquen la química de la combustión.

Cualquier técnica concreta de extinción puede incluir uno de estos mecanismos o, más frecuentemente, varios de ellos simultáneamente. Por ejemplo, cuando se aplica agua al incendio de un combustible sólido que se quema en el aire, se aplican simultáneamente varios de estos procedimientos. El sólido se enfría al contacto con el agua, haciendo que disminuya su velocidad de pirolisis o de gasificación. Se enfría la llama gaseosa, causando una reducción de la realimentación del calor al combustible sólido y una correspondiente reducción en la velocidad de pirolisis endotérmica. Se genera vapor, que en ciertas condiciones y en fuegos en recintos cerrados, puede evitar que el oxígeno llegue al fuego, y el agua aplicada en forma de niebla, pueda impedir la radiación del calor.

Consideremos en otro ejemplo la aplicación de una manta de espuma acuosa a un recipiente con líquido inflamable que se está quemando. Entonces actúan los siguientes mecanismos: la espuma evita que el calor radiante del fuego llegue a la superficie y suministre el calor de vaporización necesario. Si el punto de ignición del líquido inflamable es superior a la temperatura de la espuma, el líquido se enfría y disminuye su presión de vapor. Si el líquido inflamable es soluble en agua [como alcohol], mediante un tercer mecanismo se diluye con el agua procedente de la espuma y se reduce la presión de vapor del combustible.

Un tercer ejemplo es el de un producto químico seco aplicado a un fuego. Se producen los siguientes mecanismos de extinción: (1) interacción química con la llama; (2) recubrimiento de la superficie combustible; (3) enfriamiento de la llama, y (4) interrupción de la radiación de calor. Lo ideal es que para cualquier procedimiento de extinción de un fuego, para tener éxito, se pueda predecir la cantidad y velocidad de aplicación del agente extintor, necesarias para luchar contra un incendio dado. Esta teoría sería mejor que cualquier medida empírica que proporcionara la misma información. Porque los datos empíricos solo serían totalmente fiables en circunstancias idénticas a las que se dan en las pruebas empíricas. Además la teoría ofrecería orientación para mejorar la extinción.

2.11.1. EXTINCIÓN CON AGUA

Podría suponerse que el agua es el agente extintor más utilizado porque es barata y fácilmente disponible, en comparación con otros líquidos. Sin embargo resulta que, aparte de su precio y disponibilidad, el agua es mejor agente extintor que cualquier otro líquido



conocido para la mayoría de los fuegos. El agua tiene un alto calor de evaporación por unidad de peso, por lo menos cuatro veces mayor que el de cualquier líquido no inflamable. Además no es nada tóxica (incluso un líquido químicamente inerte, como el nitrógeno líquido, puede causar asfixia). El agua se puede almacenar a presión y temperaturas normales. Su punto de ebullición, 100°C, está muy por debajo de los 250-450 °C que es la temperatura de pirolisis de la mayoría de los sólidos combustibles, por lo que el enfriamiento por evaporación de la superficie de pirolización resulta muy eficaz. Ningún otro líquido posee todas estas propiedades, además de su bajo precio. Sin embargo, el agua no es un agente extintor perfecto; el agua se congela a los 0 °C y es conductor de electricidad. El agua puede no resultar eficaz en incendios de líquidos inflamables, sobre todo de los insolubles en agua y que flotan en la misma, como los hidrocarburos. El agua no es compatible con ciertos metales calientes o ciertos productos químicos. Por eso, en los incendios de estos materiales son preferibles otros agentes extintores, como la espuma acuosa, los gases inertes, los halones y los polvos químicos secos.

El agua puede extinguir un fuego mediante una combinación de varios mecanismos: enfría el combustible sólido o líquido; enfría la propia llama, generando vapor que evita que llegue el oxígeno y, en forma de niebla, bloquea la radiación de calor. Aunque todos estos mecanismos contribuyen a la extinción, probablemente el más importante es el enfriamiento del combustible que se evapora o gasifica. Para que se queme un sólido, una parte del mismo tiene que estar a temperatura suficientemente alta para que se produzca la pirolisis a una velocidad suficiente para mantener la llama en la mayoría de los sólidos esta temperatura es de 300-400 °C y la velocidad de pirolisis debe ser de algunos gramos por metro cuadrado y segundo. Si a esa región llega una cantidad de agua, por pequeña que sea, con su alto calor de evaporación, el sólido se puede enfriar lo suficiente para que la pirolisis se reduzca o se interrumpa, con lo que se extinguirá la llama. De este modo se pueden extinguir incluso los fuegos profundos. Por todo ello, el agua es el principal agente extintor de incendios de sólidos. Los dos modos más comunes de aplicar el agua a un fuego son mediante un chorro continuo o pulverizado, con una manguera, o pulverizándola a través de rociadores automáticos

2.11.1.1. EL AGUA COMO AGENTE ENFRIADOR

El agua puede utilizarse como agente enfriador para extinguir incendios de clase B y proteger los alrededores. El agua sin aditivos de espuma no es especialmente eficaz con los alcoholes o con los destilados petrolíferos más ligeros (como la gasolina o el queroseno). Sin embargo, si se aplica la cantidad suficiente de agua en forma de gotas para absorber el calor producido, pueden extinguirse incendios en los que están implicados aceites más pesados (como por ejemplo, petróleo crudo). El agua será más útil como agente enfriador para proteger los alrededores.



Para que los chorros de agua sean eficaces, deben aplicarse de modo que formen una película protectora sobre las superficies expuestas. Este modo de aplicación se utiliza para los materiales que pueden debilitarse o hundirse como tanques de metal o vigas de soporte. El agua que se aplica sobre tanques de almacenaje ardiendo debe dirigirse por encima del nivel del líquido contenido para conseguir utilizar el agua de la forma más eficaz posible.

2.11.1.2. EL AGUA COMO HERRAMIENTA MECÁNICA

El agua de las líneas de mangueras puede utilizarse para desplazar combustibles de clase B (que estén ardiendo o no) hasta áreas donde puedan arder de modo seguro o donde las fuentes de ignición puedan controlarse con más facilidad. Los combustibles no deben expulsarse nunca a través de desagües o alcantarillas. Si un chorro penetra en un líquido inflamable ardiendo, se aumenta la producción de vapores inflamables e incrementa significativamente la intensidad de fuego. Hay que dirigir el chorro de un lado a otro y “barrer” el combustible o el fuego hacia el lugar adecuado. El extremo delantero del chorro nebulizador debe mantenerse en contacto con la superficie del combustible, de lo contrario el fuego puede pasar bajo el chorro y rodear al equipo de ataque. Si se producen pequeños escapes, puede aplicarse un chorro directo sobre la apertura y evitar así que el líquido se escape. Para que este procedimiento funcione correctamente, la presión del chorro debe ser superior a la del material del escape. Es necesario tener cuidado para no desbordar el contenedor. Si se utilizan chorros nebulizadores, el agua también puede servir para disipar los vapores inflamables. Los chorros nebulizadores ayudan en la disolución y en la dispersión, y controlan, en menor proporción, el movimiento de los vapores hasta la ubicación deseada.

2.11.1.3. EL AGUA COMO MEDIO SUSTITUTIVO

El agua puede utilizarse para desplazar el combustible de las tuberías o los tanques que tienen escapes. Los incendios alimentados por escapes pueden extinguirse volviendo a bombear agua por el interior de una tubería con un escape o rellenando el tanque con agua hasta sobrepasar el nivel del escape. Este desplazamiento hace que el producto volátil flote sobre el agua mientras el índice de aplicación sea igual al índice de escape. Dado que la proporción necesaria de agua en relación con el producto es tan elevada, el agua apenas se utiliza para diluir líquidos inflamables en un control de incendio. Sin embargo, esta técnica puede ser útil para los incendios pequeños en los que puede contenerse el escape.

2.11.1.4. EL AGUA COMO CUBIERTA PROTECTORA

Las líneas de mangueras pueden utilizarse como una cubierta protectora para los equipos que van a cerrar válvulas de combustibles líquidos o gaseosos. La coordinación y los movimientos lentos y deliberados dan una relativa seguridad a los bomberos frente a las llamas y el calor. Aunque se puede utilizar una línea de manguera como cubierta protectora, es preferible colocar dos líneas con una línea auxiliar para facilitar el control del incendio y la seguridad. Si existen contenedores o tanques de líquidos o gases inflamables expuestos al



contacto con las llamas, hay que aplicar chorros directos desde la distancia máxima de alcance eficaz hasta que las válvulas de seguridad estén cerradas. El mejor modo de conseguirlo es lanzar un chorro a lo largo de la parte superior de un tanque para que el agua caiga por ambos lados. Esta película de agua enfría el vapor del tanque. Asimismo, hay que enfriar los soportes de acero de debajo de los tanques para que no se hundan. Los chorros de manguera pueden avanzarse bajo patrones nebulizadores protectores cada vez más amplios para hacer reparaciones temporales o cerrar la fuente de combustible.

2.11.2. EXTINCIÓN CON ESPUMAS ACUOSAS.

La principal aplicación de los agentes espumantes acuosos es la lucha contra fuegos de líquidos inflamables. Si el líquido inflamable es más ligero que el agua e insoluble en ella, la aplicación de agua solo lograría que el líquido flotara y siguiera ardiendo. Si este líquido es un aceite o grasa, cuya temperatura de inflamación está muy por encima del punto de ebullición del agua, esta penetraría en el líquido, se convertiría en vapor inmediatamente por debajo de su superficie causando una erupción de aceite o grasa que aceleraría la combustión y contribuiría a apagar el fuego.

Las espumas son las principales herramientas para luchar contra incendios de grandes cantidades de productos petrolíferos, como los que se producen en cualquier instalación petrolera; como en los pozos petroleros, terminal de almacenamiento, refinerías, centros procesadores de gas, complejo petroquímico, etc.

Los líquidos espumantes deben garantizar su desempeño a los mismos porcentajes de aplicación especificados por los fabricantes para cada tipo de concentrado, tanto en incendios de derrames como de almacenamientos de productos (hidrocarburos y solventes polares) y utilizándose en toda la variedad de sistemas y boquillas contra incendio de tipo manual, fijas, semifijas o móviles.

Uno de los líquidos espumantes más utilizados es el **AFFF (Aqueous Film Forming Foam , Espuma formadora de película acuosa)**, este es un líquido concentrado espumante que mezclado con agua dulce o salada en una proporción del 3% al 6% en volumen, produce una espuma de baja expansión que al flotar sobre la superficie incendiada de líquidos inflamables y/o combustibles más ligeros que el agua, actúa como una barrera que sofoca el fuego y enfría dicha superficie, desplegando además una película de alta consistencia que aísla la superficie del líquido del oxígeno del aire y suprime la generación de vapores inflamables. Debe ser compatible con los polvos químicos secos que se mencionan en la presente norma y diseñado para ser aplicado en incendios de productos confinados y derrames.

Más allá de la clasificación de los combustibles o productos químicos como inflamables o combustibles, es importante considerar su capacidad para mezclarse con el agua (miscibilidad). Los líquidos no miscibles, los que no se mezclan fácilmente con el agua, son llamados hidrocarburos. Si el líquido o producto químico no es miscible, puede aplicarse



espuma AFFF para su extinción. Si el líquido o producto es miscible, debe usarse espuma AFFF, formadora de película anti-alcohol

2.11.2.1. EXPANSIÓN DE LA ESPUMA

La expansión de la espuma se define como, la relación entre el volumen final de la espuma y el volumen inicial de la mezcla antes de aplicársele el aire. La expansión puede ser Baja-expansión cuando esta relación es de 1 a 20 veces, Media-expansión con relaciones de 20 a 200 veces, y Alta-expansión cuando se expanden de 200 a 2000 veces más que el volumen inicial. Cada espuma es adecuada para un tipo de protección específica.

Las espumas de Baja-expansión poseen la característica de desplazarse bien sobre superficies líquidas. Las espumas de Media-expansión se utilizan para la supresión de vapores o humos tóxicos. La espuma de Alta-expansión es la más adecuada para apagar fuegos producidos por líquidos derramados.



Figura 2.7 SISTEMA FIJO DE ESPUMA.

La descripción de sistema fijo para la NFPA 11 es como sigue: “Una instalación completa en la cual la espuma es conducida por tuberías desde una central de incendios, descargada por medios fijos sobre el riesgo a proteger, donde sean requeridas bombas, estas estarán instaladas permanentemente.” Esta definición se corresponde con la idea que tenemos cuando hablamos de un sistema de espuma.



Un sistema móvil es descrito como Cualquier tipo de unidad productora de espuma, que se encuentra montado sobre ruedas y es autopropulsado, o remolcado por un vehículo y puede conectarse a un suministro de agua, o utiliza una solución premezclada. En general esta descripción respondería a la de un coche de bomberos.



Figura 2.8 SISTEMA MOVIL DE ESPUMA.



CAPÍTULO 3

EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA





3. EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA

Se han desarrollado distintos tipos de bombas, que difieren en su funcionamiento y en su construcción mecánica, para operar en diversas condiciones de trabajo sin que por esto alguna de éstas pueda considerarse de mayor importancia con respecto a las demás. El objetivo del diseñador de un sistema de bombeo de agua es proyectar instalaciones que cumplan con lo siguiente:

- A) Seguridad
- B) Flexibilidad de operación
- C) Confiabilidad
- D) Economía

En una planta de proceso industrial existen multitud de bombas y entre ellas la diversidad de tipos es amplia. La función de estos equipos es desplazar fluidos en su fase líquida mediante el aumento de energía del mismo en forma de presión y/o velocidad, energía transmitida al equipo bomba por medio de un motor eléctrico, una turbina de vapor o un motor de explosión (típicamente diesel).

3.1. ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan directamente a una red de distribución.

3.1.1. ELEMENTOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

Los componentes básicos de una estación de bombeo de agua potable son los siguientes:

- Caseta de bombeo.
- Fuente de abastecimiento.
- Equipo de bombeo.
- Grupo generador de energía y fuerza motriz.
- Tubería de succión.
- Tubería de impulsión.
- Válvulas de regulación y control.
- Tableros de control.
- Área para el personal de operación.



3.1.2. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

La ubicación de la estación de bombeo debe ser seleccionada de tal manera que permita un funcionamiento seguro y continuo, para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Fácil acceso en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
- Protección de la calidad del agua de fuentes contaminantes.
- Protección de inundaciones, deslizamientos, y crecidas de ríos.
- Eficiencia hidráulica del sistema de impulsión o distribución.
- Disponibilidad de energía eléctrica, de combustión u otro tipo.
- Topografía del terreno.

3.1.3. NIVEL DE LÍQUIDO DE BOMBEO

Es el nivel de la posición del líquido respecto al de la bomba, a la cual se toma la succión cuando la bomba se encuentra en funcionamiento.

3.2. TIPOS DE BOMBAS

Las bombas más frecuentemente usadas en el abastecimiento de agua son las bombas centrífugas de tipo horizontal, vertical y sumergibles.

3.2.1. BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES

Son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen la ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso. Este tipo de bomba se debe emplear en cisternas y fuentes superficiales. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional. Se pueden clasificar, de acuerdo a la posición del eje de la bomba con respecto al nivel del agua en la cisterna de bombeo, en bombas de succión positiva y bombas de succión negativa. Si la posición del eje está sobre la superficie del agua, la succión es positiva y en la situación inversa la succión es negativa [véase figura 3.1].

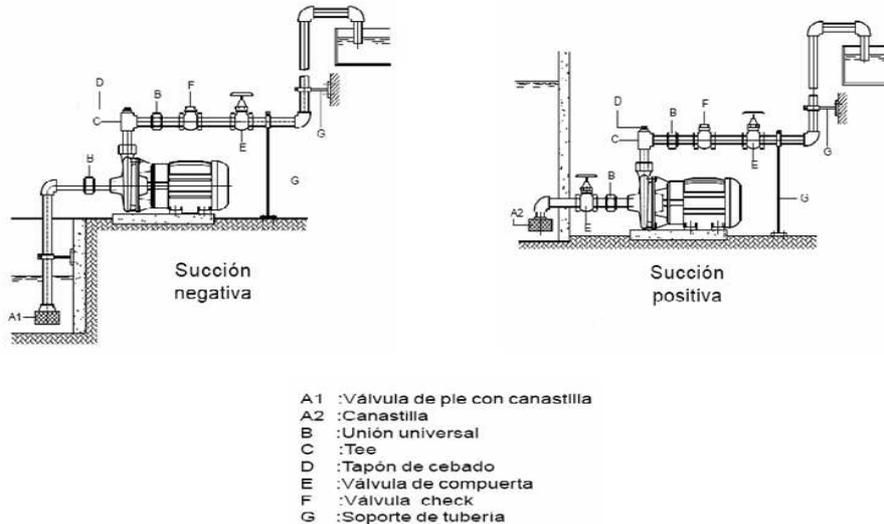


Figura 3.1 ESQUEMAS DE INSTALACION DE ACUERDO A LA POSICIÓN DE UNA BOMBA DE EJE HORIZONTAL.

La mayor desventaja que presentan estas bombas es la limitación en la carga de succión, ya que el valor máximo teórico que alcanza es el de la presión atmosférica del lugar (10,33 m. a la altura del mar), sin embargo, cuando la altura de succión es de 7 metros la bomba ya muestra deficiencias de funcionamiento.

3.2.2. BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES

Son equipos que tienen el eje transmisión de la bomba en forma vertical sobre el cual se apoya un determinado número de impulsores que elevan el agua por etapas. Deben ubicarse directamente sobre el punto de captación, uno de sus aplicaciones principales es la explotación de agua potable en pozos. Una unidad de bombeo vertical consta de seis partes principales, que son:

- a) la máquina motriz
- b) el cabezal de transmisión
- c) eje de transmisión
- d) la columna o tubería de impulsión
- e) la bomba
- f) la tubería de succión

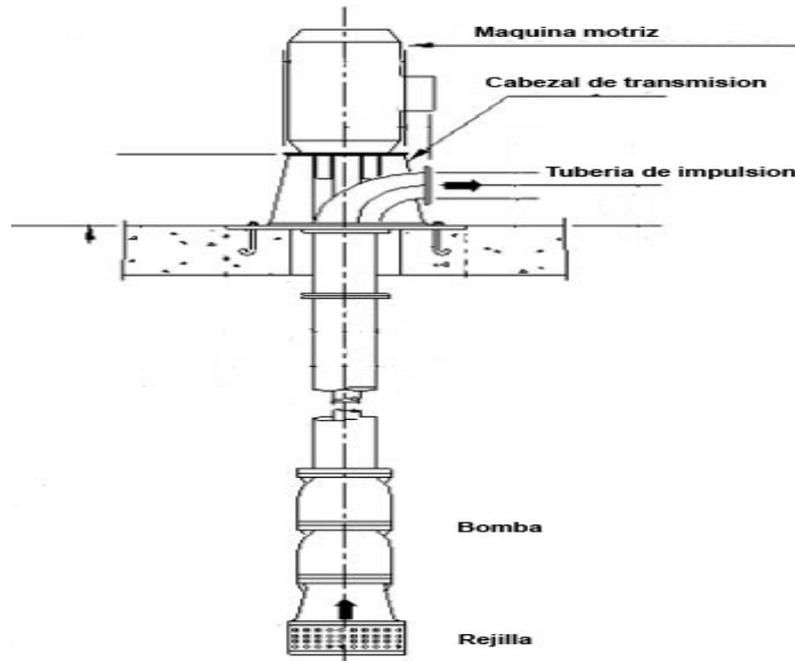


Figura 3.2 BOMBA CENTRIFUGA DE EJE VERTICAL

De acuerdo al tipo de lubricación del eje de transmisión de la bomba, pueden ser de dos tipos: lubricadas con el mismo líquido que se bombea y lubricadas con aceite. La ventaja principal de estos equipos es su versatilidad y su capacidad para trabajar en un amplio rango de velocidades.

3.2.3. BOMBAS SUMERGIBLES

Son equipos que tienen la bomba y motor acoplados en forma compacta, de modo que ambos funcionan sumergidos en el punto de captación; se emplean casi exclusivamente en pozos muy profundos, donde tienen ventajas frente al uso de bombas de eje vertical. Estas bombas tienen la desventaja de poseer eficiencia relativamente baja, por lo cual, aun cuando su costo puede ser relativamente bajo, el costo de operación es elevado por su alto consumo de energía. Otra desventaja es que al estar el motor y la bomba sumergidos, no existe forma de llegar a ellos cuando están instalados.

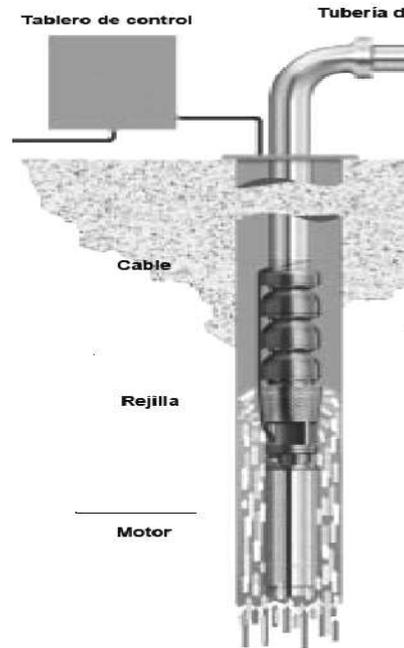


Figura 3.3 BOMBA SUMERGIBLE

3.3. MOTORES

Los motores para bombas se clasifican en dos grupos principales: eléctricos y de combustión.

3.3.1. MOTORES ELÉCTRICOS

Estos motores utilizan la corriente eléctrica como fuente exterior de energía. Los más empleados en abastecimiento de agua son los de velocidad constante o los que tienen velocidad prácticamente constante. Es decir, se puede considerar únicamente los dos tipos siguientes:

3.3.1.1. MOTOR SÍNCRONO

De velocidad rigurosamente constante, dependiente del número de polos y ciclaje o frecuencia de la línea de alimentación. Los motores síncronos pueden resultar más económicos para accionamientos de gran potencia y baja velocidad. En todo caso, la eficiencia del motor síncrono es ligeramente mayor que el motor de inducción. Las desventajas de estos motores están en que requieren una operación más cuidadosa y no soportan bien las caídas de tensión.



3.3.1.2. MOTOR ASÍNCRONO (INDUCCIÓN)

Es decir con velocidad dependiente al valor de la carga. Los motores de inducción con rotor bobinado, particularmente los de tipo de rotor en “jaula de ardilla” o cortocircuito, ya sea común o de alto par de arranque, constituyen en la actualidad las máquinas motrices más empleadas en la industria. La ventaja de estos motores está en su simplicidad, fiabilidad y economía.

Los motores eléctricos por su principio sencillo y construcción robusta, no exigen grandes requisitos de mantenimiento, evitando costosas interrupciones en el servicio que prestan y los gastos consiguientes de reparación, si se tiene el cuidado de emplearlos correctamente.

La velocidad de los motores síncronos depende de la corriente (ciclaje y frecuencia) y del número de pares de polos. Los valores de la velocidad de giro de los motores eléctricos se muestran en la tabla 3.1.

Polos	Motor síncrono		Motor de inducción	
	50 ciclos	60 ciclos	50 ciclos	60 ciclos
1	3000	3600	2800	3450
2	1500	1800	1450	1750
3	1000	1200	960	1150
4	750	900	720	870
5	600	720	580	690
6	500	600	480	580
7	428	514	410	495

Tabla 3.1 VELOCIDAD DE GIRO DE MOTORES ELÉCTRICOS

3.3.2. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

La potencia es desarrollada al quemar el combustible dentro de los cilindros del motor. Se pueden emplear los motores diesel o de encendido por bujías, alimentados por gas natural o propano. En algunos casos se han instalado motores a gasolina, pero su uso no es recomendable por los problemas derivados del almacenamiento del combustible. Estos equipos tienen una velocidad de giro menor que los motores eléctricos, generalmente se encuentran entre 1700 a 2400 rpm. El empleo de estos motores es recomendable para el accionamiento de bombas en lugares muy apartados en donde no se dispone de suministro eléctrico o este es muy poco fiable. Podría extenderse su uso en estaciones de gran capacidad, como fuente de energía de reserva para el accionamiento de las bombas y de los controles eléctricos críticos en caso de fallo del suministro de energía.

3.4. CARGA DINÁMICA O ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL

La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Es la suma de la carga de succión más la carga de descarga:

$$H_b = H_s + H_i$$

Donde:

H_b = Altura dinámica o altura de bombeo, m.

H_s = Carga de succión, m.

H_i = Carga de impulsión, m.

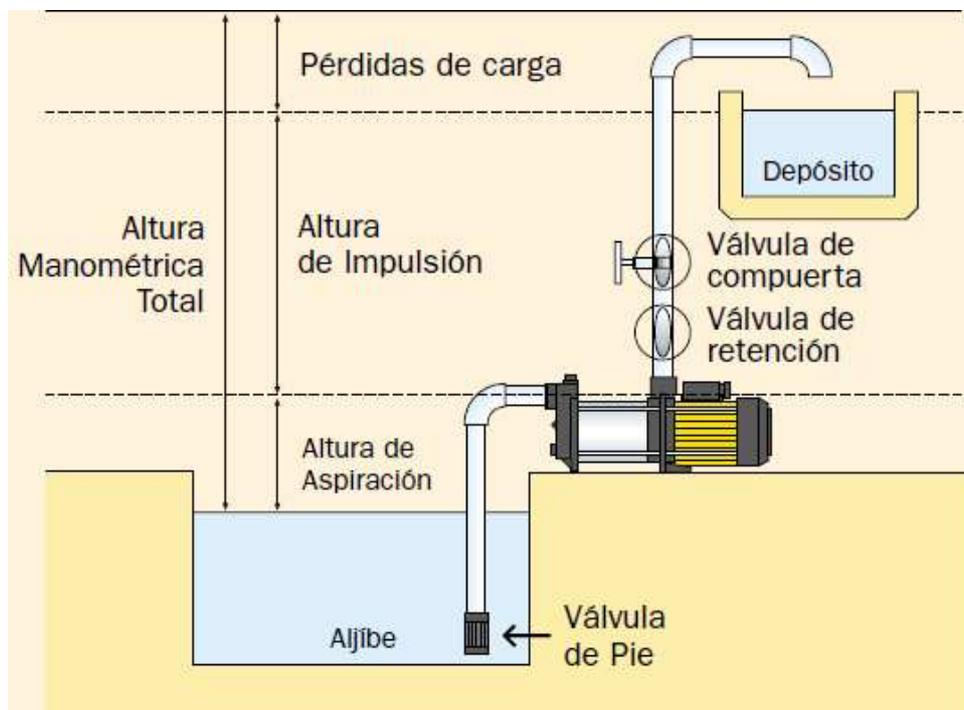


Figura 3.4 ESQUEMA DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN EN UN SISTEMA DE TUBERÍA CON EL FIN DE ILUSTRAR LA ALTURA MANOMETRICA TOTAL.

3.4.1. CARGA DE SUCCIÓN (H_s)

Viene dado por la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la succión.

$$H_s = h_s + \Delta h_s$$



Donde:

H_s = Altura de succión, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior del agua, m.

Δh_s = Pérdida de carga en las succión, m.

Debe considerarse que la carga de succión está limitada por la carga neta de succión positiva (NPSH), además, que debe existir un sumergimiento mínimo de la tubería de succión en el agua.

3.4.2. CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA (NPSH)

Cuando el agua fluye a través de la bomba, la presión en la entrada y en la tubería de succión tiende a disminuir debido a las altas velocidades del flujo. Si la reducción va más allá de la presión de vapor del agua, se producirá la vaporización y se formarán burbujas de vapor en el seno del líquido. Estas burbujas son transportadas por él líquido hasta llegar a una región de mayor presión, donde el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, "aplastándose" bruscamente las burbujas. Este fenómeno se llama cavitación. La cavitación se produce principalmente en los alabes del impulsor de la bomba, donde las fuerzas ejercidas por el líquido al aplastar la cavidad dejada por el vapor dan lugar a presiones localizadas muy altas, erosionando su superficie y causando esfuerzos que pueden originar su destrucción. El fenómeno generalmente va acompañado de ruido y vibraciones, dando la impresión de que se tratara de grava que golpea en las diferentes partes de la máquina.

La cavitación además de producir daños físicos y ruidos molestos, puede llegar a reducir de manera considerable el caudal y rendimiento de la bomba. La carga neta de succión positiva es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión del vapor del líquido que se bombea. Esta diferencia es la necesaria para evitar la cavitación. En el diseño de bombas destacan dos valores de NPSH, la NPSH disponible y la NPSH requerido. El NPSH requerido es función del diseño de fábrica de la bomba, su valor, determinado experimentalmente, es proporcionado por el fabricante. El NPSH requerido corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable. Se basa en una elevación de referencia, generalmente considerada como el eje del rodete. El NPSH disponible es función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{NPSH disponible} = \text{Hatm} - (\text{Hvap} + \text{hs} + \Delta\text{Hs})$$

Donde:

NPSH disponible = Carga neta de succión positiva disponible, m.

Hatm = Presión atmosférica, m [véase tabla 3.2].

Hvap = Presión de vapor, m [véase tabla 3.3].

hs = Altura estática de succión, m.



ΔH_s = Pérdida de carga por fricción de accesorios y tubería, m.

Para evitar el riesgo de la cavitación por presión de succión, se debe cumplir que:

$$NPHS_{disponible} > NPHS_{requerida}$$

Para el cálculo de la NPSH se debe fijar un nivel de referencia con respecto a la bomba. En las bombas que trabajan horizontalmente [eje horizontal] el plano de referencia se localiza a través del centro del eje y en las bombas verticales [eje vertical] a través del plano que atraviesa la parte mas inferior de los alabes del impulsor, en caso de tener más de un impulsor se considerara la ubicación del inferior . Otras causas de cavitación en bombas son las excesivas revoluciones del rotor. En este caso se debe verificar que la velocidad específica de operación no sobrepase la máxima dada por el fabricante.

3.4.3. PRESIÓN DE VAPOR

En la superficie libre de cualquier líquido, a cualquier temperatura hay un constante movimiento de moléculas, escapando un número determinado de moléculas en forma de vapor. Si cerramos el recipiente quedando un espacio libre sobre el líquido, este espacio se satura de vapor, obteniéndose una cantidad de vapor, para cada temperatura varia esa presión de vapor. En la tabla 3.2 se muestran el valor de la presión atmosférica de acuerdo a una altura correspondiente sobre el nivel del mar.

Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica (Pa)	
m	ft	m	Pa
0	0	10.33	14.69
250	820	10.03	14.26
500	1640	9.73	13.83
750	2640	9.43	13.41
1000	3280	9.13	12.98
1250	4101	8.83	12.55
1500	4291	8.53	12.13
1750	5741	8.25	11.73
2000	6561	8.00	11.38
2250	73.81	7.75	11.02
2500	8202	7.57	10.68
2750	9022	7.28	10.35
3000	9842	7.05	10.02
3250	10662	6.83	9.71
3500	11483	6.62	9.42
3750	12303	6.41	9.12
4000	13123	6.20	8.82
4250	13943	5.98	8.52
4500	14764	5.78	8.22

Tabla 3.2 DISMINUCIÓN DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA



En la tabla 3.3 se muestran el valor de la presión de vapor de acuerdo a cierta temperatura y el peso específico.

Temperatura		Peso específico Kg/dm ³	Presión de vapor (P.V.P)	
C°	F°		M. Abs.	P.SI.Abs
0	32	0.9998	0.062	0.088
5	41	1.000	0.089	0.127
10	50	0.9996	0.125	0.1781
5	59	0.9990	0.174	0.247
20	68	0.9982	0.238	0.338
25	77	0.9970	0.323	0.459
30	86	0.9955	0.432	0.614
35	95	0.9939	0.573	0.815
40	104	0.9921	0.752	1.070
45	113	0.9900	0.977	1.389
50	122	0.9880	1.258	1.789
55	131	0.9857	1.605	2.283
60	140	0.9831	2.031	2.889
70	158	0.977	3.177	4.519
75	167	0.9748	3.931	5.591
80	179	0.9718	4.829	6.869
85	185	0.9687	5.894	8.383
90	194	0.9653	7.149	10.168
95	203	0.9619	8.619	12.259
100	212	0.9583	10.332	14.696

Tabla 3.3 PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA

3.4.4. CARGA DE IMPULSIÓN

Está dada por la diferencia de elevación entre el nivel máximo del agua en el sitio de llegada y el eje de las bombas más la pérdida de carga del lado de la tubería de impulsión:

$$H_i = h_i + \Delta h_i$$

Donde:

h_i = Altura de impulsión, o sea, la altura del nivel superior en relación al eje de la bomba, m.

Δh_i = Pérdida de carga en la tubería de impulsión, m.

Reemplazando las ecuaciones de carga de succión y de carga de impulsión en la ecuación de altura manométrica total se tienen las siguientes relaciones:

- **BOMBEO CON BOMBAS DE EJE HORIZONTAL Y DE EJE VERTICAL:**

$$H_b = h_s + h_i + \Delta h_s + \Delta h_i$$

- **BOMBEO CON BOMBAS SUMERGIBLES:**

$$H_b = h_i + \Delta h_i$$

3.5. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DEL SISTEMA

Con la información obtenida en la etapa de levantamiento de datos se elabora la curva característica del sistema, la cual representará la altura de la carga total que deben vencer las bombas funcionando a los diversos caudales del proyecto. La curva del sistema es la representación gráfica de la suma de la altura estática, las pérdidas por fricción y las pérdidas singulares del sistema con respecto al caudal.

3.5.1. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

Las características de funcionamiento de una bomba centrífuga se representa mediante una serie de curvas en un gráfico de coordenada caudal - altura (Q-H); caudal presión (Q-P) y caudal - eficiencia (Q- η). A cualquier punto Q_x le corresponde un valor en las coordenadas H_x , P_x y η_x (figura 3.5).

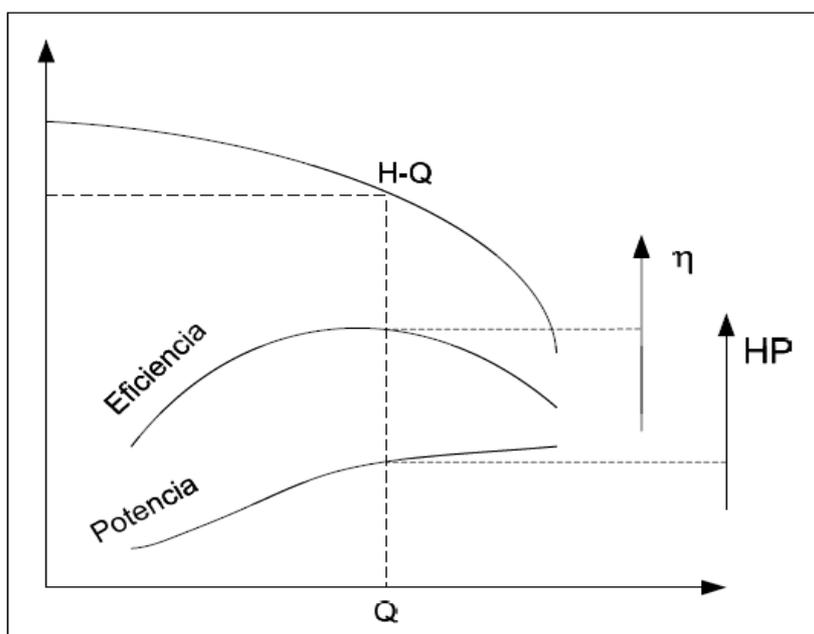


Figura 3.5 CURVAS CARACTERISITCAS DE LA BOMBA CENTRIFUGA



Cada curva corresponde a una determinada velocidad de rotación y un diámetro de impulsor. La curva característica representa el comportamiento de la bomba bajo diferentes condiciones de trabajo, las cuales son definidas por la altura total del sistema contra el cual está trabajando, es decir, por el punto de intersección de las curvas de la bomba y del sistema.

3.6. POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO

El cálculo de la potencia de la bomba y del motor debe realizarse con la siguiente fórmula:

$$P_b = \frac{Q_b H_b}{76 \eta}$$

Donde:

P_b = Potencia de la bomba y del motor (HP).

Q_b = Caudal de bombeo (l/s).

H_b = Altura manométrica total (m).

η = Eficiencia del sistema de bombeo, **η = (η_{motor}) * (η_{bomba})**

Debe consultarse al proveedor o fabricante, sobre las curvas características de cada bomba y motor para conocer sus capacidades y rendimientos reales. La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia (**η**) mayor a 70%

3.7. DETERMINACIÓN DE LA BOMBA

En este apartado se describe el procedimiento para la selección de bombas centrífugas de eje horizontal, ya que son las más apropiadas para pequeñas instalaciones como las existentes en el medio rural.

3.7.1. PUNTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

En primer lugar, se debe recurrir al catálogo de curvas características de bombas proporcionado por el fabricante. Enseguida, buscamos la bomba más adecuada a las condiciones de caudal de bombeo y altura dinámica total de nuestro sistema. Finalmente, trazamos sobre las curvas de la bomba seleccionada, la curva del sistema y determinamos su punto de operación. De preferencia la bomba deberá tener una velocidad de rotación de 3600 rpm. La selección debe realizarse tratando de obtener la máxima eficiencia del sistema de bombeo (figura 3.6).

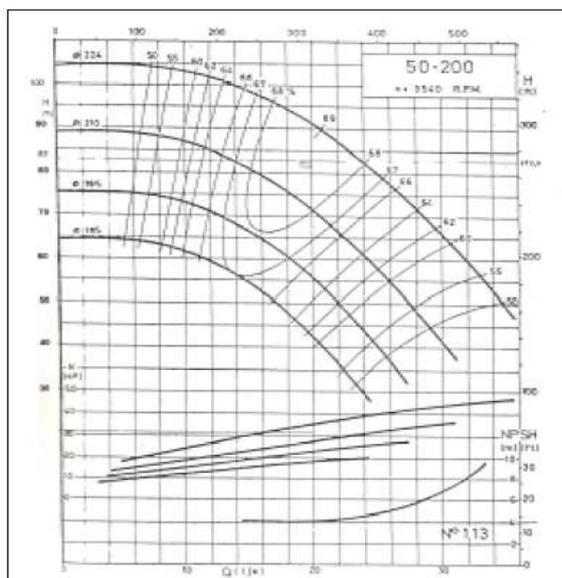


Figura 3.6 CURVA CARACTERISTICA DE BOMBA CENTRIFUGA DE EJE HORIZONTAL

En el diagrama de las curvas de la bomba, también están dibujadas las curvas para determinar la eficiencia, la potencia y la NPSH requerido por la bomba. Se debe comparar la NPSH disponible del sistema con la NPSH requerido por la bomba.

3.7.2. DIÁMETRO DEL IMPULSOR

No siempre la curva suministrada por el fabricante está construida para las características deseadas, de forma que se hace necesario modificarlas y lograr la selección del equipo más apropiado, técnica y económicamente. Por ejemplo, si el punto de operación de la bomba cae entre dos impulsores, se deben emplear las leyes de afinidad para determinar el diámetro exacto del impulsor de la bomba seleccionada.

3.7.3. TUBERÍA Y ACCESORIOS DE SUCCIÓN

La tubería de succión debe ser la más corta posible, evitándose al máximo, piezas especiales como curvas, codos, etc. La tubería de succión debe ser siempre ascendente hasta alcanzar la bomba. Se pueden admitir pequeños tramos perfectamente horizontales. La altura máxima de succión más las pérdidas de carga, debe satisfacer las especificaciones establecidas por el fabricante de las bombas. Teóricamente, la altura de succión máxima sería de 10,33 m a nivel del mar (una atmósfera), sin embargo, en la práctica es muy raro alcanzar 7,50 m. Para la mayoría de las bombas centrífugas la altura de succión debe ser inferior a 5 m. (Los fabricantes generalmente especifican, las condiciones de funcionamiento, para evitar la aparición de fenómenos de cavitación. Para cada tipo de



bomba debe ser verificada la altura máxima de succión]. En la tabla 3.4 se especifica las alturas máximas permisibles de succión en función de la presión atmosférica: El diámetro de la entrada de la bomba no debe ser tomado como indicación para el diámetro de la tubería de succión. Para la tubería se adoptan diámetros mayores con el objeto de reducir las pérdidas de carga. El diámetro de la tubería de succión debe ser tal que la velocidad en su interior no supere los valores especificados en la tabla 3.5.

Altitud (m)	Presión Atmosférica (m H ₂ O)	Límite práctico de succión (m)
0	10.33	7.60
300	10.00	7.40
600	9.64	7.10
900	9.30	6.80
1200	8.96	6.50
1500	8.62	6.25
1800	8.27	6.00
2100	8.00	5.70
2400	7.75	5.50
2700	7.50	5.40
3000	7.24	5.20

Tabla 3.4 ALTURAS MÁXIMAS DE SUCCIÓN

Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)
50	0,75
75	1,10
100	1,30
150	1,45
200	1,60
250	1,60
300	1,70
400 o mayor	1,80

Tabla 3.5 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN
EN FUNCIÓN A LA VELOCIDAD



Los valores mas empleados del coeficiente de pérdida de carga se muestran en la tabla 3.6. Para el cálculo de las pérdidas de carga localizadas en la tubería de succión o impulsión se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$h_f = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

hf = Pérdida de carga, m.

K = Coeficiente de pérdida de carga singular [adimensional]

V = Velocidad media en la sección, m/s.

g = Aceleración de la gravedad, m/s².

Para piezas o accesorios comunes, se utilizarán los coeficientes de pérdida de carga especificadas en la tabla 3.6

Pieza o accesorio	K
Compuerta abierta	1
Codo 90°	0.90
Codo 45°	0.40
Curva de 90°	0.40
Curva de 45°	0.20
Curva de 22.30°	0.10
Rejilla	0.75
Boquillas	2.75
Válvula de angula abierta	5.00
Válvula de compuerta abierta	0.20
Válvula tipo globo abierta	10.0
Salida de tubo	1.00
Entrada normal de tubo	0.50
Entrada de borda	1.00
Válvula de pie	1.75
Válvula de retención	2.50
Ampliación gradual	0.30*
Reducción gradual	0.15*

Tabla 3.6 VALORES APROXIMADOS DE K (PERDIDAS DE CARGA LOCALES)



3.8. CASETA DE BOMBEO

El dimensionamiento de la caseta de bombeo debe ser adecuado para albergar el total de los equipos necesarios para la elevación del agua, cuando sea necesario, la caseta albergará los dispositivos de maniobra. Debe permitir facilidad de movimientos, mantenimiento, montaje, desmontaje, entrada y salida de los equipos.

El dimensionamiento de la caseta dependerá del tipo de bomba que se emplee. Los casos más comunes son:

- a) Cuando se emplean bombas estacionarias de eje horizontal y de eje vertical, estarán albergadas en la caseta de bombeo, junto con los motores; generadores, tableros, circuitos y válvulas de accionamiento necesarias.
- b) Cuando se empleen bombas sumergibles, la caseta de bombeo servirá para alojar los circuitos y tablero de control, eventualmente el generador y válvulas de accionamiento de la línea de impulsión.

Las dimensiones de la sala de bombas deben permitir igualmente facilidad de movimiento, mantenimiento, montaje, desmontaje, entrada y salida de los equipamientos



Figura 3.6 CASETA DE BOMBEO



CAPÍTULO 4

LA NORMATIVIDAD MEXICANA EN PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO





4. LA NORMATIVIDAD MEXICANA EN PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO

Con el propósito de mejorar la calidad, seguridad y eficiencia de los procesos, bienes y servicios, se pretende establecer una normatividad que regule las funciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, basándose primordialmente en lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, que integra Normas Oficiales Mexicanas, Normas Mexicanas y Normas de Referencias, por lo que primeramente se definirá lo siguiente.

4.1. MARCO NORMATIVO

Son los documentos normativos donde se establecen los requerimientos que regulan las características que deben cumplir las instalaciones y las actividades que se desarrollan en el proceso productivo de las instalaciones tales como: Leyes, Normas Oficiales Mexicanas (NOM), Normas Mexicanas (NMX), Normas de referencia (NRF), Manuales, Códigos y Especificaciones Extranjeras, etc.

4.2. MARCO NORMATIVO LEGAL

Colección de documentos que establecen las autoridades en sus tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) conformada por: La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Leyes Federales, Convenios, Tratados, Reglamentos, Anexos (oficios, circulares y decretos).

4.3. MARCO NORMATIVO EXTERNO.

Normatividad nacional e internacional que se utiliza para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones de PETROLEOS MEXICANOS (NMX, NOM, ESPECIFICACIONES PEMEX, API, NFPA, ASTM, ANSI, AWS, entre otras).

4.4. MARCO NORMATIVO INTERNO:

Son los procedimientos generados por cada uno de los elementos que conforman el sistema SSPA [Seguridad Salud Protección Ambiental] de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios [PMOS]



4.5. REGLAMENTO FEDERAL DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO; TÍTULO PRIMERO; DISPOSICIONES GENERALES Y OBLIGACIONES DE LOS PATRONES Y TRABAJADORES
CAPÍTULO PRIMERO
DISPOSICIONES GENERALES

4.5.1. ARTICULO 1º.

El presente Reglamento es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social, y tiene por objeto establecer las medidas necesarias de prevención de los accidentes y enfermedades de trabajo, tendientes a lograr que la prestación del trabajo se desarrolle en condiciones de seguridad, higiene y medio ambiente adecuados para los trabajadores, conforme a lo dispuesto en la Ley Federal del Trabajo y los Tratados Internacionales celebrados y ratificados por los Estados Unidos Mexicanos en dichas materias.

4.5.2. ARTICULO 2º.

Para los efectos de este ordenamiento, se entenderá por:

4.5.2.1. ACTIVIDADES PELIGROSAS:

Es el conjunto de tareas derivadas de los procesos de trabajo, que generan condiciones inseguras y sobreexposición a los agentes físicos, químicos o biológicos, capaces de provocar daño a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo.

4.5.2.2. CENTRO DE TRABAJO:

Todo aquel lugar, cualquiera que sea su denominación, en el que se realicen actividades de producción, de comercialización o de prestación de servicios, o en el que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

4.5.2.3. CONTAMINANTES DEL AMBIENTE DE TRABAJO:

Son los agentes físicos, químicos y biológicos capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo, que por sus propiedades, concentración, nivel y tiempo de exposición o acción pueden alterar la salud de los trabajadores.



4.5.2.4. MATERIALES Y SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS:

Son aquellos que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejados, transportados, almacenados o procesados, presentan la posibilidad de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica dañina, y pueden afectar la salud de las persona.

4.5.2.5. NORMAS:

Las normas oficiales mexicanas relacionadas con la materia de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo, expedidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social u otras dependencias de la Administración Pública Federal, conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

4.5.2.6. PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIGIENE:

Documento en el que se describen las actividades, métodos, técnicas y condiciones de seguridad e higiene que deberán observarse en el centro de trabajo para la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo, mismo que contará en su caso, con manuales de procedimientos específicos.

4.5.2.7. SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO:

Son los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades de trabajo, con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo.

4.5.2.8. SERVICIOS PREVENTIVOS DE SEGURIDAD E HIGIENE:

Son aquellos integrados por un profesionalista calificado en seguridad e higiene, que se establecen para coadyuvar en la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo, mediante el reconocimiento, evaluación y control de los factores de riesgo, a fin de evitar el daño a la salud de los trabajadores.



**4.6. REGLAMENTO FEDERAL DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE DE
TRABAJO
TITULO SEGUNDO
CONDICIONES DE SEGURIDAD
CAPÍTULO SEGUNDO
PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS**

4.6.1. ARTICULO 26.

En los centros de trabajo se deberá contar con medidas de prevención y protección, así como con sistemas y equipos para el combate de incendios, en función al tipo y grado de riesgo que entrañe la naturaleza de la actividad, de acuerdo con las Normas respectivas.

4.6.2. ARTICULO 27.

Los centros de trabajo en donde se realicen procesos, operaciones y actividades que impliquen un riesgo de incendio o explosión, como consecuencia de las materias primas, subproductos, productos, mercancías y desechos que se manejen, deberán estar diseñados, construidos y controlados de acuerdo al tipo y grado de riesgo, de conformidad con las normas aplicables.

4.6.3. ARTICULO 28.

Para la prevención, protección y combate de incendios, el patrón está obligado a:

- I. Elaborar un estudio para determinar el grado de riesgo de incendio o explosión, de acuerdo a las materias primas, compuestos o mezclas, subproductos, productos, mercancías, y desechos o residuos, así como las medidas preventivas y de combate pertinentes.
- II. Elaborar el programa y los procedimientos de seguridad para el uso, manejo, transporte y almacenamiento de los materiales con riesgo de incendio.
- III. Contar con sistemas para la detección y extinción de incendios, de acuerdo al tipo y grado de riesgo conforme a las normas aplicables.
- IV. Contar con señalización visual y audible, de acuerdo al estudio a que se refiere la fracción I del presente artículo, para dar a conocer acciones y condiciones de prevención, protección y casos de emergencia.
- V. Organizar brigadas contra incendios en función al tipo y grado de riesgo del centro de trabajo para prevenirlos y combatirlos.



VI. Practicar cuando menos una vez al año simulacros de incendio en el centro de trabajo.

VII. Las demás que señalen las Normas correspondientes.

4.7. NOM-002-STPS-2000; **CONDICIONES DE SEGURIDAD, PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y COMBATE DE** **INCENDIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.**

Es la normativa actual mexicana referente a la prevención y protección contra incendios; ésta describe la protección que debe tener una empresa basada en su grado de riesgo de incendio. El grado de riesgo se determina con base en:

- Número de personas en el lugar
- Dimensiones del área,
- Tipo de construcción,
- Zona sísmica,
- Riesgo de instalaciones,
- Almacenamiento de combustibles e inflamables o explosivos,
- Posibles reacciones químicas ante agentes extintores,
- Ubicación y capacidad de las fuentes de abastecimiento de agua.

Basado en lo anterior, el grado de riesgo puede ser:

- Alto
- Medio
- Bajo

A partir del cual, se determina la necesidad del tipo de protección:

- Extintores
- Detectores de incendios a través de alarmas
- sistema fijo contra incendio.

La legislación en la materia exige que las empresas clasificadas con riesgo alto de incendio cuenten con un sistema fijo contra incendios, el cual es definido como “el instalado de manera permanente para el combate de incendios, los más comúnmente usados son



hidrantes y rociadores”. La NOM-002-STPS-2000 señala que se debe “contar con equipo fijo contra incendio, de acuerdo al estudio que se realice, mismo que debe determinar su tipo y características, y ser complementario a los extintores”. No todos los riesgos necesitan hidrantes o rociadores, algunos necesitan sistemas fijos de espuma o polvo.

El cumplimiento de las disposiciones de esta norma evita daños a los trabajadores y pérdidas a las empresas. Obligando al patrón a que informe a los trabajadores sobre los riesgos de incendios, capacitando al personal y a las brigadas. Se proporcionan guías de referencia para orientar sobre las características de los sistemas fijos contra incendio, sobre la conformación de las brigadas, y la selección de extintores y detectores.

Por otro lado, solo menciona que en caso de centros de trabajo con riesgos de incendio alto, además de contar con sistemas de extinción de incendios portátiles, se requiere un sistema fijo. Este sistema fijo no se especifica y solo se señala que debe de ser de acuerdo al riesgo de incendio presente.

4.7.1. CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS CONTRA INCENDIO POR LA NOM-002-STPS-2000:

a) por su tipo:

- 1) portátiles;
- 2) móviles;
- 3) fijos, que pueden ser manuales, semiautomáticos o automáticos.

b) por el agente extinguidor que contienen.

4.7.2. INSTALACIÓN DE LOS EXTINTORES POR LA NOM-002-STPS-2000:

En la instalación de los extintores se debe cumplir con lo siguiente:

- a) Colocarse en lugares visibles, de fácil acceso y libres de obstáculos, de tal forma que el recorrido hacia el extintor más cercano, tomando en cuenta las vueltas y rodeos necesarios para llegar a uno de ellos, no exceda de 15 metros desde cualquier lugar ocupado en el centro de trabajo.



- b) Fijarse entre una altura del piso no menor de 10 cm, medidos del suelo a la parte más baja del extintor y una altura máxima de 1.50 m, medidos del piso a la parte más alta del extintor.
- c) Colocarse en sitios donde la temperatura no exceda de 50°C y no sea menor de -5°C.
- d) Estar protegidos de la intemperie.
- e) Estar en posición para ser usados rápidamente.

4.7.3. INSTALACIÓN DE SISTEMAS FIJOS CONTRA INCENDIO POR LA NOM-002-STPS-2000:

En la instalación de sistemas fijos contra incendio, se debe cumplir con lo siguiente:

- a) Colocar los controles en sitios visibles y de fácil acceso, libres de obstáculos, protegidos de la intemperie y señalar su ubicación de acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998.
- b) Tener una fuente autónoma y automática para el suministro de la energía necesaria para su funcionamiento, en caso de falla del sistema contra incendio
- c) Los sistemas automáticos deben contar con un control manual para iniciar el funcionamiento del sistema, en caso de falla de este.
- d) Las mangueras del equipo fijo contra incendio pueden estar en un gabinete cubierto por un cristal de hasta 4 mm de espesor, y que cuente en su exterior con una herramienta, dispositivo o mecanismo de fácil apertura que permita romperlo o abrirlo y acceder fácilmente a su operación en caso de emergencia.

4.7.4. GUIA DE REFERENCIA PARA SISTEMAS FIJOS CONTRA INCENDIO POR LA NOM-002-STPS-2000.

El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de la Norma y no es de cumplimiento obligatorio.

4.7.4.1. REDES HIDRÁULICAS

Se recomienda que éstas cumplan al menos con:

- a) Ser de circuito cerrado.



- b) Contar con una memoria de cálculo del sistema de red hidráulica contra incendio.
- c) Contar con un suministro de agua exclusivo para el servicio contra incendios, independiente del que se utilice para servicios generales.
- d) Contar con un abastecimiento de agua de al menos 2 horas, a un flujo de 946 l/min, o definirse de acuerdo a los siguientes parámetros:
 - 1) El riesgo a proteger.
 - 2) El área construida.
 - 3) Una dotación de 5 litros por cada m² de construcción.
 - 4) Un almacenamiento mínimo de 20 m³ en la cisterna.
- e) Contar con un sistema de bombeo para impulsar el agua a través de la red de tubería instalada.
- f) Contar con un sistema de bombeo que debe tener como mínimo 2 fuentes de energía, estas pueden ser de tipo eléctrica y de combustión interna, estas fuentes deben estar automatizado.
- g) Contar con un sistema de bomba Jockey para mantener una presión constante en toda la red hidráulica.
- h) Contar con una conexión siamesa accesible y visible para el servicio de bomberos, conectada a la red hidráulica y no a la cisterna o fuente de suministro de agua.
- i) Tener conexiones y accesorios que sean compatibles con el servicio de bomberos (cuerda tipo NSHT).
- j) Mantener una presión mínima de 7 kg/cm² en toda la red.

Se recomienda que los sistemas fijos contra incendio tengan algunas de las siguientes características:

- a) Ser sujetos de activación manual o automática
- b) Ser sujetos de supervisión o monitoreo para verificar la integridad de sus elementos activadores (válvula solenoide, etc.), así como las bombas.
- c) Tener un interruptor que permita la prueba del sistema, sin activar los elementos supresores de incendio.



d) Sin estar limitados a ellos, existen los siguientes tipos: sistema de redes hidráulicas, de rociadores con agente extinguidor de agua, bióxido de carbono, polvo químico seco y espumas.

e) Todo sistema deberá ser calculado para combatir el mayor riesgo del centro de trabajo.

4.7.6. CRITERIOS DE ASIGNACION DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.

En la tabla 4.1 se puede ver las definiciones de cada uno de los riesgos, como el criterio en relación a las instalaciones de acuerdo a la norma de la NFPA 13 “Stándar For The Installation On Sprinkler Systems” (Estándar Para la Instalación De Sistemas Rociadores).

RIESGO	DEFINICIÓN	CRITERIOS DE ASIGNACION DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.
LIGERO	Son aquellas instalaciones o porciones de ellas donde la cantidad y/o la combustibilidad del contenido es baja y se espera bajas velocidades de liberación de calor.	Locaciones de riesgo Ligero (Bajo) son aquellas en donde el total de materiales combustibles de Clase A y Clase B es de menor cantidad y fuegos con rangos bajos de liberación de calor se desarrollan. Estas instalaciones contienen riesgos de incendio con cantidades normales de combustibles Clase A con acabados combustibles normales o la cantidad total de inflamable Clase B no sea mayor a 1 galón (3.8 litros) en cualquier lugar del área

Tabla 4.1. CRITERIOS DE ASIGNACION DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.



RIESGO		DEFINICIÓN	CRITERIOS DE ASIGNACIÓN DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.
ORDINARIO	GRUPO 1	Son aquellas instalaciones o porciones de estas donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es moderada, los apilamientos de material no exceden los 8 ft (2.4 m) y se esperan fuegos con moderadas velocidades de liberación de calor.	Lugares con clasificación de riesgo ordinario o moderado son instalaciones donde la cantidad de materiales combustibles de Clase A y Clase B es ordinaria. La cantidad total de inflamable Clase B esté entre 1 galón (3.8 litros) y 5 galones (18.9 litros) en cualquier lugar del área.
	GRUPO2	Son aquellas instalaciones o porciones de estas donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es de moderada a alta, los apilamientos de material no exceden los 12 ft (3.7m) y se esperan fuegos con moderadas a altas liberaciones de calor.	Estas instalaciones contienen riesgos de incendio con cantidades normales de combustibles Clase A con acabados combustibles normales o la cantidad total de inflamable Clase B esté entre 1 galón (3.8 litros) y 5 galones (18.9 litros) en cualquier lugar del área.

Tabla 4.1. CRITERIOS DE ASIGNACION DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.



RIESGO	DEFINICIÓN	CRITERIOS DE ASIGNACIÓN DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.
EXTRA	GRUPO 1 Son aquellas instalaciones o porciones de estas en donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son muy altas y se encuentran presentes polvo, fibras u otros materiales que incrementan la probabilidad de desarrollar fuegos rápidamente y con altas velocidades de liberación de calor, pero sin o muy pocos combustibles o líquidos inflamables.	Estas instalaciones consisten en instalaciones con almacenaje, empaque, manejo o fabricación de materiales o combustibles de la Clase A y o la cantidad total de inflamable Clase B sea mayor a 5 galones (18.9 litros) en cualquier lugar del área.
	GRUPO 2 Son aquellas instalaciones o porciones de estas con cantidades de líquidos inflamables o combustibles moderadas a sustanciales o bien, donde la protección de combustibles sea extensiva	Estas instalaciones consisten en instalaciones con almacenaje, empaque, manejo o fabricación de materiales o combustibles de la Clase A y o la cantidad total de inflamable Clase B sea mayor a 5 galones (18.9 litros) en cualquier lugar del área.

Tabla 4.1. CRITERIOS DE ASIGNACION DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.



RIESGO	DEFINICIÓN	CRITERIOS DE ASIGNACIÓN DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.
ESPECIAL	Son aquellas instalaciones en la que el uso exclusivo de agua no garantiza la extinción del fuego	<p>Lugares con clasificación de riesgo extra o altos son instalaciones donde la cantidad de materiales combustibles de Clase A es alta o donde altas cantidades de combustibles Clase B estén presentes y se espera se desarrollen fuegos con liberación de grandes cantidades de calor.</p> <p>Estas instalaciones consisten en instalaciones con almacenaje, empaque, manejo o fabricación de materiales o combustibles de la Clase A y o la cantidad total de inflamable Clase B sea mayor a 5 galones (18.9 litros) en cualquier lugar del área.</p>

Tabla 4.1. CRITERIOS DE ASIGNACION DE RIESGO POR EL TIPO DE INSTALACIONES CON USOS Y CONDICIONES SIMILARES.

NOTA 4.1

FUEGO CLASE A

MADERA, PAPEL, TELA, CAUCHO

FUEGO CLASE B

DERIVADOS DEL PETRÓLEO, SOLVENTES, ALCOHOLES Y GASES INFLAMABLES



CAPÍTULO 5

LA NORMA NFPA-20 Y LA NRF-016-PEMEX





5. LA NORMA NFPA-20 Y LA NRF-016-PEMEX

5.1. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)

Es una organización norteamericana a cargo de la creación y mantenimiento de estándares mínimos y requerimientos para las actividades de prevención y extinción de incendios, entrenamiento y equipo, así como otros códigos de vida - seguridad y estándares. Lo anterior incluye desde códigos para la construcción hasta equipos de protección personal a ser utilizados por bomberos en su actividad. Las normas de la NFPA tienen como objetivo central el proteger gente, su propiedad y el medio ambiente del fuego.

La NFPA tiene su sede en Quincy Massachusetts, U.S.A., y actualmente cubre el desarrollo y mantenimiento de más de 300 códigos y estándares; con un grupo de más de 6,000 voluntarios representando servicios contra incendio, aseguradoras, negocios, industria, gobierno y consumidores en general. Gran cantidad de las ciudades, especialmente en Norteamérica, incluyen sus códigos como parte integrante de sus leyes locales de construcción y operación. Independientemente de estar incluidos en ley o no, a nivel mundial las normas de NFPA son aceptadas como estándares profesionales en protección contra incendio y de referencia estricta.

La NFPA es fuente principal mundial para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y de vida. El sistema de desarrollo de los códigos y normas de la NFPA es un proceso abierto basado en el consenso que ha producido algunos de los mas referenciados materiales en la industria de la protección contra incendios, incluyendo el Código Eléctrico Nacional, el Código de Seguridad Humana, el Código de Prevención de Fuego y el Código Nacional de Alarmas de Incendios. La NFPA es líder en la promoción de programas educacionales de seguridad contra incendios y de vida. Las publicaciones de la NFPA han sido traducidas a varios idiomas y son referenciadas alrededor del mundo. Más de 75,000 miembros, representando 107 naciones, son parte de su red global.

5.2. FACTORY MUTUAL (FM)

Es una compañía norteamericana global, líder en materia de prevención de pérdidas para grandes corporaciones en el mundo, dentro del mercado de propiedades en alto riesgo de protección (HPR).



Bajo la filosofía de que toda pérdida en propiedades puede ser prevenida o mitigada, FM tiene un enfoque en investigación de pérdidas y consejo a clientes enfatizando cambios en operación e instalaciones para mitigar posibles efectos de riesgos en específico. Como tal, el objetivo de la relación entre FM y las compañías aseguradas, consiste en coincidir en los riesgos de largo plazo a asumir de manera mesurada, tomando como referencia otras empresas aseguradas por FM.

El interés de las compañías FM se enfocó, desde su origen, en investigación y desarrollo de productos y técnicas que ayudaran a mitigar riesgos y conservar las propiedades. En 1874 una revolucionaria forma de prevenir pérdidas se introdujo al mercado: Los Rociadores. No obstante que el desarrollo de esta innovación se dio fuera de FM, fue de hecho FM quién la llevo al siguiente nivel con investigación y desarrollo hasta la fecha.

FM Global tiene su campo de investigación y desarrollo en West Glocester, USA, donde conduce pruebas de fuego y riesgos especiales, detección de riesgos y protección tecnológica de desastres naturales y de riesgos eléctricos. Estas pruebas van del rango de testificar la diferencia en cómo se queman los materiales hasta evaluar como los componentes de la construcción reaccionan frente a desastres naturales.

5.3. UNDERWRITER LABORATORIES (UL)

Es una organización sin fines de lucro dedicada a la certificación y prueba de seguridad de productos y equipos. UL es uno de los asesores más reconocidos y acreditados del mundo. Underwriters Laboratories Inc. Fue fundada en 1894 por William H. Merrill. En 1903 UL publicó su primer estándar, "Tin Clad Fire Doors" y el año siguiente empezó a etiquetar extintores. Los inspectores UL conducen las primeras inspecciones directamente en las plantas de origen de cada producto y actualmente han expandido su organización hasta más de 60 laboratorios de pruebas y certificación, sirviendo a clientes en más de 100 países en el mundo.

UL no aprueba productos sino que los evalúa para determinar el cumplimiento de requerimientos y sólo los productos aceptables tienen la marca UL. Un fabricante certificado UL debe demostrar el cumplimiento de los requerimientos de seguridad, muchos de los cuales han sido desarrollados por UL mismo. El fabricante debe demostrar también que tiene un programa implantado que asegura que cada copia de sus productos cumple con los requerimientos específicos. UL conduce inspecciones periódicas no anunciadas a los fabricantes para verificar el cumplimiento mantenido. UL ha desarrollado más de 1,000 estándares de seguridad, la mayoría de los cuales están incluidos dentro de los American National Standards (ANSI).



Figura 5.1 CERTIFICADOS UL Y FM

5.4. LA NORMA NFPA 20, “BOMBAS ESTACIONARIAS CONTRA INCENDIOS”

Provee los requisitos para la selección e instalación de bombas para suministro de agua para protección privada contra incendio, incluyendo: suministro de agua, succión, descarga y equipo auxiliar; suministro de energía, motor eléctrico y control; motor de combustión interna y control; motor de turbina de vapor y control; pruebas de aceptación y funcionamiento. Esta norma no cubre la capacidad de suministro de agua y requerimientos de presión, los requerimientos de inspección periódica, pruebas y mantenimiento de los sistemas de bombeo contra incendio ni tampoco los requerimientos para el alambrado en la instalación de las unidades de bombeo.

El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra el fuego para la vida y propiedades, a través de requerimientos de instalación de bombas centrífugas contra incendio basadas en principios de ingeniería, información de prueba y experiencia en campo. Esta norma incluye bombas de una sola etapa y multi-etapas de diseño con eje horizontal ó vertical. Se establecen requisitos para el diseño y la instalación de estas bombas, motores y equipo asociado. La norma alienta a continuar con el récord de excelencia que ha sido establecido para instalaciones de bombas centrífugas y que cubre las necesidades de la tecnología en constante cambio.

Las normas de la NFPA para el proyecto e instalación de los diversos sistemas de protección contra incendios recomiendan el empleo de equipo aprobado y certificado, incluyendo las bombas contra incendios en las instalaciones que las necesitan. De acuerdo con ello el fabricante está obligado a entregar una bomba certificada o aprobada y ensayada en la fábrica, que cumpla satisfactoriamente, una vez instalada, con la norma para incendios de la NFPA 20.



Figura 5.2 UNIDAD DE BOMBEO CONTRA INCENDIO

Todas las bombas deben tener una placa metálica colocada en un lugar visible, en donde se señalen sus características principales como son: fabricante, tipo, número de serie, revoluciones por minuto, gasto y presión nominal, logotipos UL y de aprobado FM o equivalentes; así mismo en la base de ellas, se debe señalar la identificación correspondiente a su TAG. Así como las bombas todos los accesorios y materiales de éstas, deben estar listados y aprobados.

Es muy importante recordar que NFPA requiere bombas aprobadas y certificadas por UL y por FM para servicio contra incendios. Su solidez, fiabilidad, fácil mantenimiento y características hidráulicas, así como la variedad de formas de accionamiento [motores eléctricos, turbinas de vapor, y motores de combustión interna] la han convertido en la elección más adecuada para el servicio contra incendio. Normalmente en instalaciones petroleras se aconseja utilizar bombas diesel instalando una adicional a la requerida.

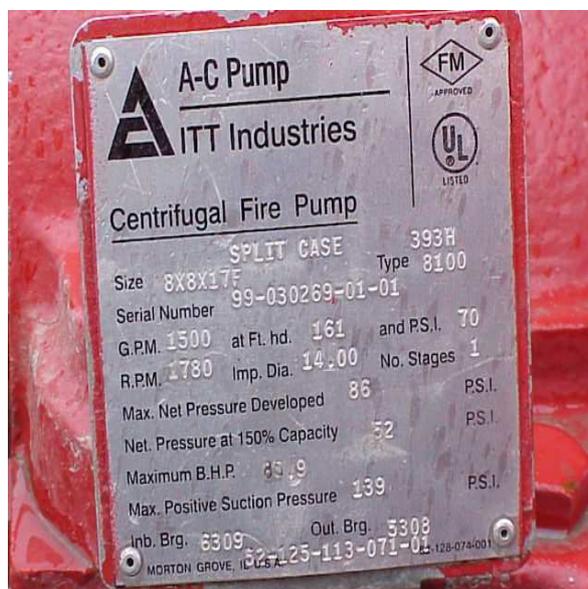


Figura 5.3 PLACA QUE APRUEBA CERTIFICADOS POR UL Y FM

5.4.1. FUENTES DE SUMINISTRO DE AGUA

Pueden ser de carácter ilimitado, cuando provienen de fuentes naturales tales como lagos, mares y ríos; en cuyo caso será necesario el diseño de la captación y la estación de bombeo, de carácter limitado, para lo cual se deberá disponer de un estanque o espejo construido de acuerdo a prácticas de ingeniería aprobadas, que garanticen la capacidad requerida. Las redes de agua para los sistemas contra incendios no pueden estar conectadas a otros sistemas o que se desvíe el uso del agua hacia otros propósitos

5.4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE EQUIPOS

Una equipo de bombeo contra incendios está provista de tuberías de succión y descarga, capaz de suministrar agua en los volúmenes y presiones requeridos. La bomba puede ser arrancada en forma manual o automática. El arranque automático requiere un regulador. Los motores para impulsar las bombas pueden ser eléctricos ó de combustión interna. De acuerdo al caudal entregado se tiene rangos que van desde 25 hasta 5000 galones por minuto [GPM]. Dos tipos de bombas típicamente utilizadas para la protección contra incendio son la bomba centrífuga cuando la succión es positiva y las bombas verticales de turbina cuando la succión es negativa.

En las bombas centrífugas, el agua al ser introducida por el área de succión pasa al centro de un impulsor en donde por la fuerza centrífuga de este, es impulsada al exterior de la bomba en su línea de descarga.



Figura 5.4 IMPULSOR DE UNA BOMBA CONTRA INCENDIO

Una bomba de turbina generalmente tiene un engranaje de mando, en ángulo recto con los impulsores conectados a la cabeza de la bomba por un eje vertical. A medida que la bomba opera, el agua pasa de un impulsor a otro, ganando presión a lo largo del trayecto, hasta su descarga final.

La mayor parte de bombas centrífugas tienen un solo impulsor y son conocidas como bombas de una etapa, para demandas de mayor presión se requiere bombas de múltiples etapas. Las bombas son arrancadas o paradas por un regulador, estos arrancan la bomba cuando llegan a determinada presión y se detienen luego de alcanzar cierta presión ó un tiempo establecido de operación.

Las bombas disponen de sincronizadores de modo que no “puedan arrancar continuamente y detenerse súbitamente, como podría ser en el caso de una pequeña fuga, o en el caso de bajo flujo. Por esta misma razón a veces se instala una segunda bomba llamada de revelo y de menor capacidad que la primera y montada en paralelo.

Las bombas están provistas de válvulas de alivio de circulación para descargar el agua a través de una salida de 1/2” de diámetro, cuando la bomba esta funcionando y no esta



suministrando un gasto a la tubería de descarga, esta válvula está montada debido a que sin ella, la temperatura del agua entrampada en la carcasa de la bomba podría incrementarse debido a la fuerza centrífuga creada por la bomba y cuya elevación de temperatura podría dañar la bomba.

Las bombas cuya succión se encuentra en pozos o estanques vienen, provistas de filtros para asegurarse que la bomba no sea dañada por el paso de materiales sólidos. También pueden ser instaladas válvulas de pie en la línea de succión, para asegurar que la bomba se mantenga en estado óptimo.

Cuando se utilizan motores de velocidad variable; por ejemplo, para bombas impulsadas con motores diesel, se requiere la instalación de válvulas de alivio, debido a que la presión generada por la bomba, más la presión estática del agua podría exceder a la presión de diseño de los componentes del sistema, encargándose estas válvulas de alivio de eliminar la sobre presión generada.

5.4.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO CONTRA INCENDIO

Las condiciones de operación del equipo de bombeo principal para el uso contra incendio, se presentan en una curva de presión versus caudal. Esto garantiza un nivel de presión estable para diferentes caudales de operación, facilitando la operación de varias bombas en paralelo.

5.4.3.1. BOMBAS PRINCIPALES

Dependiendo de la altura de succión disponible desde la fuente de abastecimiento, se usan bombas centrífugas horizontales y verticales.

5.4.3.1.1. BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES

Las bombas centrífugas horizontales son capaces de suministrar un ciento cincuenta por ciento (150%) de su capacidad nominal, a una presión no menor de sesenta y cinco por ciento (65%) de la presión nominal. A caudal cero, la presión no debe exceder el ciento veinte por ciento (120%) de la presión nominal, para el caso de bombas del tipo "carcasa partida" y del ciento cuarenta por ciento (140%) en el caso de bombas del tipo longitudinal. En la Figura 5.5 se muestra la curva característica para este tipo de bombas.

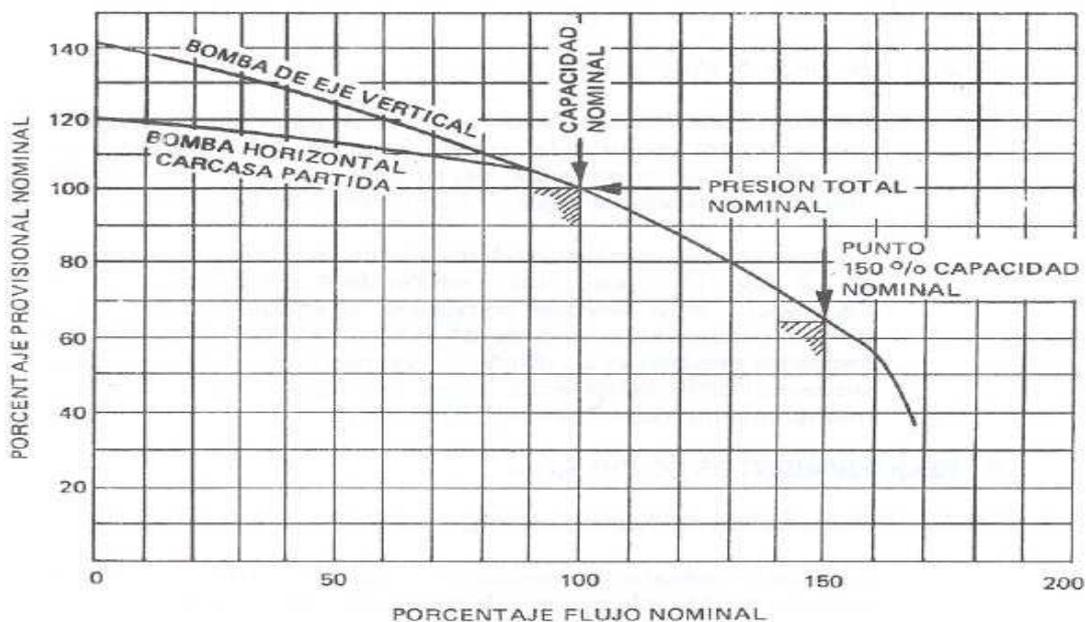


Figura 5.5 CURVAS CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIOS

Las bombas centrífugas horizontales podrán utilizarse bajo las siguientes condiciones:

- Cuando el nivel mínimo de succión se encuentre por arriba del eje de la bomba; en caso contrario, cuando no se disponga de una carga positiva en la succión, se deben seleccionar bombas del tipo turbina vertical, cuyos impulsores se encuentren por debajo del nivel dinámico.



Figura 5.6 UNIDAD DE BOMBEO HORIZONTAL CONTRA INCENDIO

5.4.3.1.2. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES

Deben ser capaces de suministrar un ciento cincuenta por ciento (150%) de su capacidad nominal, a una presión nominal. A caudal cero, la presión no deberá exceder del ciento cuarenta por ciento (140%) de la presión nominal. En la figura 5.5 se muestra la curva característica para este tipo de bomba. Estas bombas se usan normalmente en aquellos casos en que se tenga una altura de succión negativa.



Figura 5.7 UNIDAD DE BOMBEO VERTICAL CONTRA INCENDIO

5.4.3.2. BOMBAS DE PRESURIZACIÓN (JOKEY)

Las bombas de presurización jokey tienen como objetivo mantener presurizada la red de distribución de los sistemas de agua contra incendio, con el objeto de disminuir el tiempo de respuesta en la actuación del sistema y para detectar rápidamente la existencia de fugas y obstrucciones en las tuberías.



Figura 5.8 UNIDAD DE BOMBAS DE PRESURIZACIÓN (JOKEY)

5.4.4. CAPACIDADES DE BOMBAS CENTRIFUGAS CONTRA INCENDIO

Una bomba centrífuga para protección contra incendios debe seleccionarse para funcionar al 150 por ciento o menos de la capacidad nominal. Las bombas centrífugas contra incendio deberán tener las capacidades nominales GPM (L/min.) identificadas en la Tabla 5.1 y deberán estar clasificadas a presiones netas de 40 psi (2.7 bar) o más.

GPM	L / min	GPM	L / min
25	95	1000	3785
50	189	1250	4731
100	379	1500	5677
150	568	2000	7570
200	757	2500	9462
250	946	3000	11355
300	1136	3500	13247
400	1514	4000	15140
450	1703	4500	17032
500	1892	5000	18925
750	2893		

TABLA 5.1 CAPACIDAD DE BOMBEO DE LAS B.C.I.



5.4.5. SISTEMAS DE ARRANQUE

Los métodos básicos para el arranque de bombas contra incendio son:

- a) Arranque automático
- b) Arranque manual remoto
- c) Arranque manual local

La selección del sistema de arranque en una determinada instalación, se debe basar en el análisis de riesgos. En particular se deberá disponer de arranque automático de una bomba como mínimo, en instalaciones de alto riesgo, o donde no pueda garantizarse la actuación inmediata del personal encargado de la operación del sistema de bombeo. La activación de las bombas por cualquiera de los métodos de arranque mencionados, debe ser señalada en un lugar permanente atendido por personal (Estación de Bomberos, Sala de Control, Centro de vigilancia), mediante luces que indiquen el estado de operación al momento:

- Bomba en operación
- Bomba parada.

5.4.6. UBICACIÓN Y ALOJAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

El cuarto de bombas debe disponer de iluminación, ventilación y tubería de desagüe en el piso. Es preferible que las bombas accionadas con motor estén ubicadas en un lugar seco y elevado, ya que los motores al generar calor, es necesario que cuenten con equipo de ventilación.

Es preferible que las bombas contra incendio estén instaladas en el punto más cercano posible a las zonas donde la protección sea más importante. En las grandes plantas industriales puede ser necesario suministrar agua a más de un punto para obtener un sistema de distribución más favorable. Cuando el resultado de esta distribución obligue a instalar una bomba en un lugar más aislado, los requisitos antes expuestos respecto al alojamiento y supervisión adquieran mayor importancia.



5.5. LA NRF-016-PEMEX-2010 “DISEÑO DE REDES CONTRAINCENDIO (INSTALACIONES TERRESTRES)”

Esta norma aplica a todas las instalaciones industriales terrestres nuevas y a las modificaciones hechas a existentes de Petr6leos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. La norma NRF-016-PEMEX-2010 cubre desde el abastecimiento de agua; el almacenamiento de agua contra incendio; el sistema fijo de bombeo; la red principal de distribuci6n de agua y de espuma contra incendio; as6 como a sus sistemas de aplicaci6n a base de aspersores y rociadores; los monitores; los hidrantes y las tomas para camión contra incendio, entre otros.

Se incluyen tambi6n las especificaciones de materiales, accesorios y equipos que se deben utilizar en cada uno de los sistemas de la red, para instalaciones industriales terrestres de Petr6leos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

5.5.1. ALMACENAMIENTO DE AGUA DE ACUERDO A LA DEMANDA Y SUS INSTALACIONES A PROTEGER

La fuente primaria de abastecimiento de agua a la red contra incendios es aquella que proviene de fuentes naturales, pozos o servicios municipales. La capacidad de almacenamiento de la fuente primaria debe determinarse en funci6n del gasto m6ximo requerido para proteger el riesgo mayor (tanque de almacenamiento de mayor capacidad) que se tenga en las instalaciones y el enfriamiento de los tanques aledaños para afrontar la emergencia durante una hora como m6nimo. La fuente secundaria consiste en el almacenamiento de agua contra incendios a trav6s de tanques elevados o cisternas con capacidad de almacenamiento suficiente para afrontar el riesgo mayor en caso de incendio.



Figura 5.9 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRAINCENDIO



La calidad del agua contra incendios no requiere ser potable, pero si limpia y dulce, debiendo evitarse el suministro de agua que contenga sales ó materiales semejantes que afecten los sistemas de protección contra incendio. La red de agua contra incendio no deberá tener conexiones para alimentar otra red de agua con fines distintos.

El almacenamiento de agua contra incendio, se debe diseñar para una capacidad mínima que satisfaga la demanda de la suma de los gastos siguientes:

- ❖ El requerido para la demanda de espuma a la instalación que genera el escenario de incendio del riesgo mayor, basándose en su densidad de aplicación conforme a la instalación a proteger, la cual nunca debe ser menor a 4,1 lpm/m² [0,1 GPM/pie²].
- ❖ El requerido para el enfriamiento de la instalación que genera el escenario de incendio del riesgo mayor, basados en su densidad de aplicación conforme a la instalación a proteger, la cual nunca debe ser menor a 4,1 lpm/m² [0,1 GPM/pie²].
- ❖ Los adicionales de 3,785 m³/min [1000 GPM] +/- 5 por ciento en volumen para monitores fijos o portátiles, líneas suplementarias, y agua para proteger al personal entre otros.
- ❖ El requerido para el enfriamiento de las instalaciones que reciban radiación de calor del escenario que representa el riesgo mayor, basados en su densidad de aplicación conforme a la instalación a proteger, la cual nunca debe ser menor a 4,1 lpm/m² [0,1 GPM/pie²].

Cuando no se tenga disponibilidad del agua para abastecer la red de agua y de espuma contra incendio, deben existir uno o varios tanques atmosféricos de almacenamiento o cisternas, destinados específicamente al almacenamiento de agua contra incendio, de los cuales succionen las bombas para este servicio.

El almacenamiento de agua contra incendio, se debe determinar en función del requerimiento total de agua que demanda la protección de la instalación que represente el riesgo mayor de un centro de trabajo.

La capacidad de almacenamiento de agua para servicio contra incendio, debe ser suficiente para combatir ininterrumpidamente el incendio del riesgo mayor de la instalación, de acuerdo a lo siguiente:



5.5.1.1. Instalaciones tipo A

Se debe de contar con una cantidad de agua que suministre durante cuatro horas como mínimo, sin considerar el reabastecimiento, siempre y cuando se tenga un sistema que reponga el volumen total de almacenamiento de agua en un tiempo máximo de ocho horas. En caso de no cumplir lo anterior, la capacidad de almacenamiento se debe incrementar a seis horas.

- Clasificación de las instalaciones tipo A
 - ❖ Terminales de Almacenamiento y Reparto con tanques atmosféricos con capacidad total de hasta 31,800 m³ (200,000 barriles).
 - ❖ Terminales Marítimas con tanques atmosféricos con capacidad total de hasta 23,850 m³ (150,000 barriles).
 - ❖ Estaciones de Bombeo.
 - ❖ Estaciones de Compresión.
 - ❖ Estaciones de Recolección.
 - ❖ Baterías de separación.
 - ❖ Terminales de Distribución de Gas Licuado sin almacenamiento, que realizan el llenado de auto-tanques directo del ducto.
 - ❖ Terminales de Distribución de destilados sin almacenamiento, que realizan el llenado de auto-tanques directo del ducto

5.5.1.2. Instalaciones tipo B

Se debe de contar con una cantidad de agua que suministre durante seis horas mínimo sin considerar el reabastecimiento, siempre y cuando se tenga un sistema que reponga el volumen total de almacenamiento de agua en un tiempo máximo de ocho horas. En caso de no cumplir lo anterior, la capacidad de almacenamiento se debe incrementar seis a ocho horas.



- Clasificación de las instalaciones tipo B
 - ❖ Refinerías.
 - ❖ Complejos Procesadores de Gas.
 - ❖ Complejos Petroquímicos.
 - ❖ Terminales de Distribución de Gas Licuado con tanques esféricos u horizontales.
 - ❖ Almacenamiento con recipientes a presión.
 - ❖ Terminales de Almacenamiento y Reparto con tanques atmosféricos con capacidad total de almacenamiento mayor de 31,800 m³ (200,000 barriles).
 - ❖ Terminales Refrigeradas.
 - ❖ Terminales Marítimas con tanques atmosféricos con capacidad mayor a 23,850 m³ (150,000 barriles)



Figura 5.10 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO



5.5.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO.

El diseño del sistema de bombeo debe cumplir con los requisitos indicados en esta Norma de Referencia. Adicionalmente se debe complementar con los requerimientos de NFPA-20 edición 2007, o equivalente, en su última edición.

La bomba de suministro de agua que abastece al tanque de almacenamiento, no se debe conectar directamente a la red de agua contra incendio.

El sistema de bombeo debe diseñarse para proporcionar el agua en la cantidad y presión requeridas, para el combate del riesgo mayor de la instalación.

El sistema de bombeo (bombas principales, redundantes y de mantenimiento de presión), debe garantizar un suministro de agua **con una presión mínima en la red contra incendio de 689 kPa (7 kg/cm²; 100 lb/pulg²)**, en el punto de descarga hidráulicamente más desfavorable. Asimismo se debe considerar una presión máxima medida en la descarga de los hidrantes de (12,30 kg/cm²; 175 lb/pulg²) cuando se suministre el gasto para atender el riesgo mayor.

5.5.2.1. BOMBAS PRINCIPALES Y BOMBAS REDUNDANTES (RELEVO) PARA SERVICIO CONTRA INCENDIO

Las bombas principales para servicio de agua contra incendio, deben proporcionar el gasto y presión de agua que demanda la protección de la instalación, que represente el riesgo mayor estimado en el centro de trabajo.

Las bombas para servicio de agua contra incendio redundante (relevo), deben ser accionadas con motor de combustión interna, con el propósito de contar en todo momento con el suministro necesario de agua contra incendio.

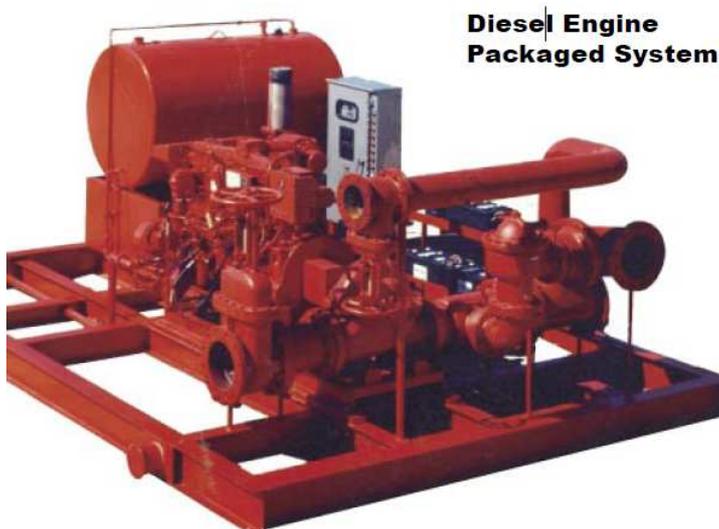


Figura 5.11 UNIDAD DE BOMBEO CON MOTOR DIESEL

Las bombas principales para servicio de agua contra incendio deben contar con bombas redundantes, según se describe en la tabla 5.2, que garanticen el gasto y presión de descarga requeridos por el diseño que demanda la protección de la instalación que represente el riesgo mayor.

NÚMERO TOTAL DE BOMBAS PRINCIPALES REQUERIDAS	NÚMERO Y TIPO DE BOMBAS PRINCIPALES	NÚMERO DE BOMBAS REDUNDANTES (RELEVO) REQUERIDAS
1	Una eléctrica	Una de combustión interna
2	Dos eléctricas	Dos de combustión interna
3	Tres eléctricas	Tres de combustión interna
4	Cuatro eléctricas	Cuatro de combustión interna
1	Una de combustión interna	Una de combustión interna
2	Dos de combustión interna	Dos de combustión interna
3	Tres de combustión interna	Tres de combustión interna
4	Cuatro de combustión interna	Cuatro de combustión interna

Tabla 5.2 Determinación del tipo y cantidad de bombas

5.5.2.2. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA BOMBA DE MANTENIMIENTO DE PRESIÓN "JOCKEY"

La bomba de mantenimiento de presión "jockey", debe ser accionada por motor eléctrico, de características de construcción semejantes a los motores de las bombas de agua contra incendio principales; con el gasto y presión nominal mínimos para reponer la pérdida por fugas no mayores a 3,85 lpm (1 GPM) y mantener una presión mínima en la red contra



incendio de $[7 \text{ kg/cm}^2; 100 \text{ lb/pulg}^2]$, en el punto de descarga hidráulicamente más desfavorable. La selección de su capacidad nominal debe ser de un gasto máximo de $0,946 \text{ m}^3/\text{min}$ $[946 \text{ lpm}; 250 \text{ GPM}]$.

En todos los casos, las bombas de mantenimiento de presión "jockey", deben tener una presión de descarga igual a la presión a gasto cero de las bombas contra incendio principales y redundantes (relevo); estar instrumentadas con un paro automático, que actúe cuando en la red contra incendio se registre una presión igual a la presión de gasto nulo $[140 \text{ por ciento máximo de la presión nominal}]$ más la presión estática de la bomba principal; así como un arranque automático que se accione cuando dicha red registre una presión al menos de $68,9 \text{ kPa}$ $[0,7 \text{ kg/cm}^2, 10 \text{ lb/pulg}^2]$, debajo de la presión de paro de la bomba de mantenimiento de presión "jockey".

Las bombas de mantenimiento de presión "jockey", no es necesario que sean listadas y/o aprobadas por UL/FM o equivalentes.

5.5.3. DISEÑO DEL CABEZAL DE SUCCIÓN DE LA BOMBA.

El cabezal de succión de la bomba debe estar lo más cercano posible al tanque de almacenamiento, para reducir la caída de presión y como consecuencia el riesgo de cavitación de la bomba.

Cuando el agua sea succionada directamente de la fuente de abastecimiento, el diseño debe incluir un cárcamo para la succión, de tal forma que se garantice el gasto de alimentación al sistema de bombeo de agua contra incendio.

El diámetro del cabezal de succión que alimente a varias bombas de agua contra incendio, instaladas para operar simultáneamente, debe estar diseñado para conducir el 150 por ciento de la suma del gasto nominal de todas las bombas principales en conjunto, a una velocidad de flujo que no exceda de $4,57 \text{ m/s}$ $[15 \text{ pies/s}]$, en tanto que el diámetro de la tubería de succión de cada bomba en particular, debe permitir el manejo del 150 por ciento de la capacidad nominal de dicha bomba, también a una velocidad que no exceda de $4,57 \text{ m/s}$ $[15 \text{ pies/s}]$. Para agua salada, dicha velocidad debe ser como máximo de $3,28 \text{ m/s}$ $[10 \text{ pie/s}]$. Esta velocidad debe ser calculada dentro de una longitud equivalente a 10 diámetros de la tubería, antes de la brida de succión de la carcasa de la bomba.

Cada una de las bombas de agua contra incendio, debe tener instalada en su tubería de succión, una válvula de compuerta con vástago ascendente, así como otra de iguales características en el cabezal general de succión de todo el conjunto de bombas contra

incendio, que se encuentre localizada junto al tanque de almacenamiento de agua para este servicio.

No está permitido el uso de válvulas de mariposa en tuberías de succión de las bombas para el servicio contra incendio, además de otros accesorios entre la válvula y la brida de succión en la carcasa de la bomba, como aparatos o aditamentos que obstruyan o restrinjan el flujo en la succión.

Cuando el abastecimiento de agua provenga de una fuente al descubierto (mar, ríos, lagunas, presas, entre otros), el cabezal de succión se debe diseñar con rejillas, para impedir la penetración de materiales sólidos. Su instalación debe estar por debajo del nivel mínimo de succión y deben ser dobles, con el fin de alternarlos para limpieza o reparación,

El diseño de las rejillas debe proporcionar un área efectiva con aperturas de 170 mm² por cada lpm (1 pulg² por cada GPM) a 150 por ciento de la capacidad nominal de la bomba. El material debe ser resistente a la corrosión: latón, cobre o acero inoxidable, el claro del orificio debe ser de 12,7 mm (½ pulg) y el alambre de calibre No. 10 B&S (AWG), se debe asegurar a un marco de metal, que permita que se deslice verticalmente. El área total del marco debe ser 1.6 veces el área efectiva de la malla (ver figura 5.2).

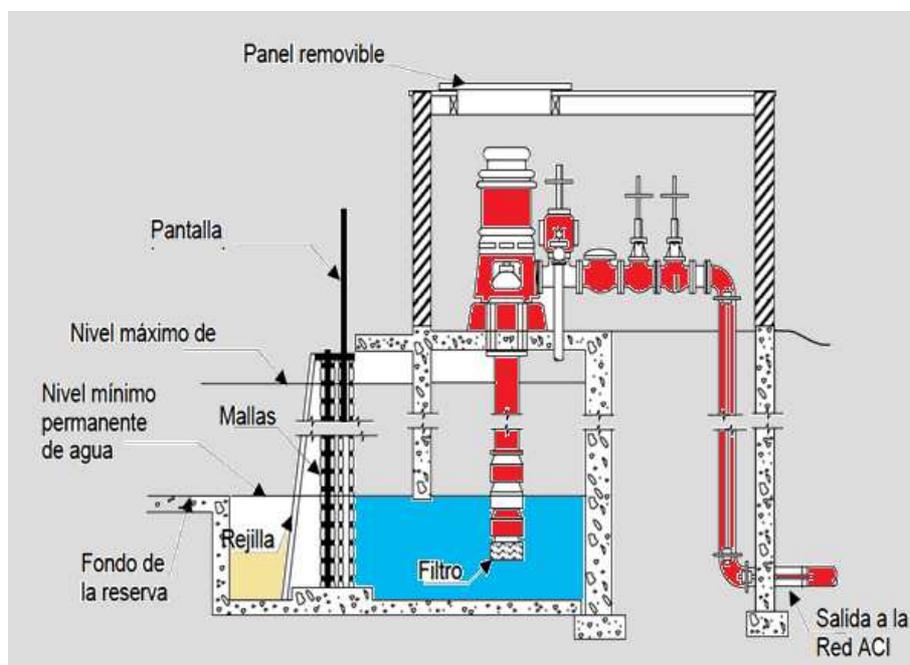


Figura 5.12 PROTECCION EN LA SUCCION DE LA BOMBA



El diámetro de la tubería de succión de la bomba contra incendio no debe ser menor a lo indicado en la tabla 5.2

Capacidad nominal de la bomba	lpm	2839	3785	5677	7570	9462	11355	13247	15140	17032	18925
	GPM	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Diámetro tubería de succión	DN mm	150	200	200	250	250	300	300	350	400	400
	NPS Pulg	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16

Tabla 5.2 Relación entre la capacidad de la bomba y el diámetro de succión para agua dulce

5.5.4. DISEÑO DEL CABEZAL DE DESCARGA DE LAS BOMBAS.

El diámetro de la tubería de descarga de las bombas de agua contra incendio, se debe diseñar para conducir el 150 por ciento del gasto nominal de la bomba, a una velocidad máxima de flujo de 6,2 m/s (20 pie/s), en el caso de agua dulce. Para agua salada, dicha velocidad debe ser como máximo de 4,6 m/s (15 pie/s). El diámetro de la tubería de descarga de la bomba, no debe ser menor a lo indicado en la tabla 5.3

Capacidad nominal de la bomba	Lpm	2839	3785	5677	7570	9462	11355	13247	15140	17032	18925
	GPM	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Diámetro tubería de succión	DN Mm	150	150	200	250	250	300	300	300	350	350
	NPS pulg	6	6	8	10	10	12	12	12	14	14

Tabla 5.3 Relación entre la capacidad de la bomba y el diámetro de descarga para agua dulce

5.5.5. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN PARA EL ARRANQUE DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO.

La red de contra incendio debe estar presurizada permanentemente. La función de la bomba de mantenimiento de presión (jockey), es reponer la baja de presión provocada por goteos de la red de agua contra incendio. En caso de detectar baja de presión en la red de



agua contra incendio, la filosofía de operación del sistema de bombeo debe ser de la siguiente manera:

La bomba de mantenimiento de presión (jockey), debe arrancar cuando en la red de agua contra incendio se registre una presión de 68,9 kPa (0,70 kg/cm²; 10 lb/pulg²) por debajo de la presión de paro de la misma bomba.

La bomba de mantenimiento de presión (jockey), debe parar cuando se haya alcanzado una presión igual a la presión de descarga de la bomba principal con válvula cerrada (gasto nulo), más la presión mínima de columna estática en la succión.

El sistema de bombeo de agua contra incendio debe arrancar automáticamente por pérdida de presión en la red, ocasionado por el disparo de uno o varios sistemas de protección contra incendio (aspersores o rociadores, por mencionar algunos) o por la apertura de monitores y el uso de mangueras.

5.5.6. PROGRAMACIÓN DE SECUENCIA DE ARRANQUE DEL EQUIPO PRINCIPAL Y REDUNDANTE.

- I. La primera bomba principal contra incendio, debe arrancar cuando la bomba jockey no pueda reponer la baja de presión de la red contra incendio y se registre una presión de 34, 47kPa (0,35 kg/cm²; 5 lb/pulg²) por debajo de la presión de arranque de la bomba de mantenimiento de presión (jockey).
- II. La Segunda bomba principal contra incendio, debe arrancar si la primera bomba no puede reponer la presión necesaria para operar la red de contra incendio y la presión ha bajado a 68,9 kPa (0,70 kg/cm²; 10 lb/pulg²) por debajo de la presión de arranque de la primera bomba principal.
- III. La Tercera bomba principal contra incendio, debe arrancar si la segunda bomba no puede reponer la presión de operación de la red contra incendio y la presión ha bajado a 68,9 kPa (0,70 kg/cm²; 10 lb/pulg²) por debajo de la presión de arranque de la segunda bomba principal. En caso de disponer de más de tres bombas se debe seguir la misma secuencia de arranque conservando la caída de presión de 68,9 kPa (0,70 kg/cm²; 10 lb/pulg²).

Concluida la secuencia de arranque de las bombas principales y en caso de cualquier falla de una bomba o de todas, deben arrancar en forma automática las bombas redundantes, manteniendo la misma secuencia de arranque de las bombas principales, con una caída de presión de 68,9 kPa (0,70 kg/cm²; 10 lb/pulg²) Figura 5.13.

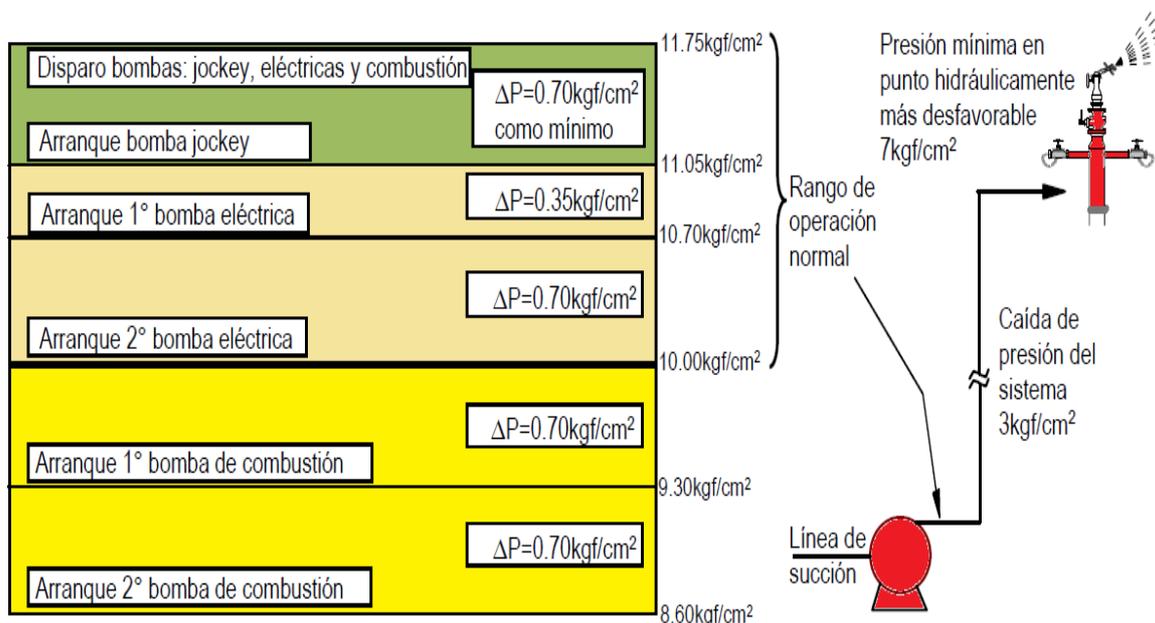


Figura 5.13 SECUENCIA GRAFICA DE ARRANQUE

5.5.7. FILOSOFÍA DE PARO DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.

La bomba de mantenimiento de presión (jockey) debe parar automáticamente cuando se restablezca la presión de la red contra incendio.

Las bombas principales y redundantes deben parar únicamente en forma manual. Por excepción y para protección de las bombas con motores de combustión interna mayores de 200 H.P., es permitido el paro automático por sobre-velocidad (cuando esta sea mayor al 20% de su velocidad nominal).

5.5.8. CONTROLADORES Y ACCESORIOS PARA MOTORES DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.

Las bombas de agua contra incendio, incluida la bomba de mantenimiento de presión "jockey", deben contar cada una con un controlador para el arranque automático, listado y aprobado por UL/FM o equivalente, específicamente para servicio de bombas contra incendio impulsadas por motor eléctrico o de combustión interna, según sea el caso y cumplir con los capítulos 10 y 12 del NFPA-20 edición 2007 o equivalente, en su última edición.

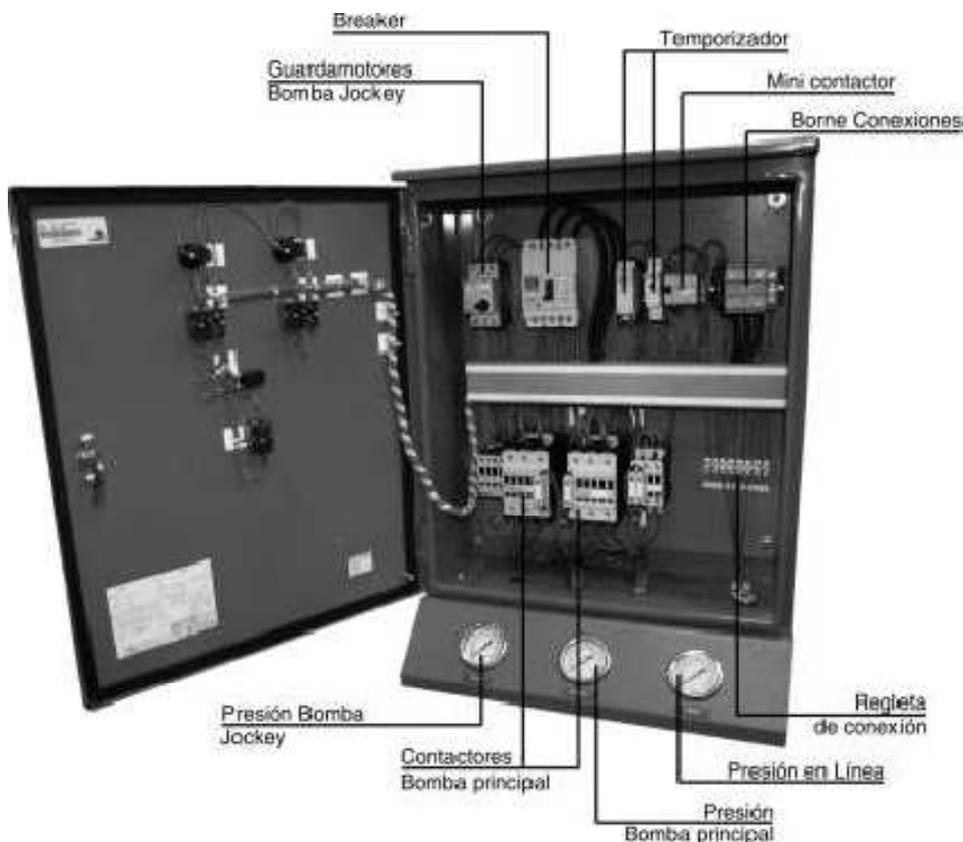


Figura 5.14 CONTROLADOR DE BOMBEO CONTRA INCENDIO

Los sistemas de arranque automático o por control remoto para unidades múltiples de bombeo contra incendio, deben contar con dispositivos de secuencia de tiempo, para evitar que las bombas arranquen simultáneamente. Si la demanda de agua hace imprescindible la operación de más de una bomba, estas unidades deben arrancar en intervalos que no permitan el arranque de la siguiente bomba, hasta que la anterior haya tomado su velocidad de régimen, que puede ser entre 5 y 10 segundos.

Cada bomba de contra incendio, incluyendo la bomba de mantenimiento de presión “jockey”, debe contar con una toma de presión para el arranque automático, conectada al controlador en forma independiente; cuya conexión debe estar entre la válvula de retención [check] y la válvula de bloqueo, sin válvulas de bloqueo y con dos válvulas de retención separadas a una distancia no menor de 1,5 m [5 pies].



5.5.9. DISEÑO DE LA RED DE AGUA CONTRA INCENDIO

1. El diseño de la red de agua contra incendio, debe cumplir con los requisitos indicados en esta norma de referencia. Adicionalmente, se debe complementar con los requerimientos del NFPA 24 edición 2007 o equivalente, en su última edición.
2. La red de agua contra incendio se debe diseñar para manejar una presión mínima de 1,207 kPa (12,3 kg/cm²; 175 lb/pulg²).
3. Cuando las condiciones topográficas del terreno hagan necesaria una presión mayor a 1,207 kPa (12,3 kg/cm²; 175 lb/pulg²) ésta no debe superar los 2 414 kPa (24,6 kg/cm²; 350 lb/pulg²). Bajo estas condiciones y si el diseño así lo considera, con aprobación del área usuaria, se deben proteger los accesorios clase 150 instalando válvulas reductoras de presión.
4. La presión mínima y máxima de operación para los hidrantes, debe ser de 689 kPa (7 kg/cm²; 100 lb/pulg²) y de 1,207 kPa (12,3 kg/cm²; 175 lb/pulg²). Cuando por las condiciones particulares del diseño la presión sea superior, con aprobación del área usuaria, se pueden utilizar válvulas reductoras de presión.
5. Para el diseño de la red de agua contra incendio, se debe considerar la demanda de agua para atender el riesgo mayor en el sitio donde ocurre este evento; considerando esta premisa en los cálculos hidráulicos del sistema, manteniendo la presión en el punto de descarga más desfavorable hidráulicamente de 689 kPa (7 kg/cm²; 100 lb/pulg²), así mismo se debe tomar en cuenta el conjunto de dispositivos y tubería para formar anillos o circuitos para suministro de agua a los hidrantes, monitores, sistemas de aspersores, rociadores y sistemas de generación de espuma.
6. El diámetro de la tubería principal en redes de agua contra incendio se debe diseñar mediante cálculos hidráulicos, pero en ningún caso debe ser menor de 200 mm (8 pulg).
7. La velocidad de flujo en tuberías de agua contra incendio, cuando se trate de agua dulce, debe ser máxima de 6,09 m/s (20 pies/s), en tanto que para agua salada, dicha velocidad debe ser como máximo de 4,57 m/s (15 pies/s).

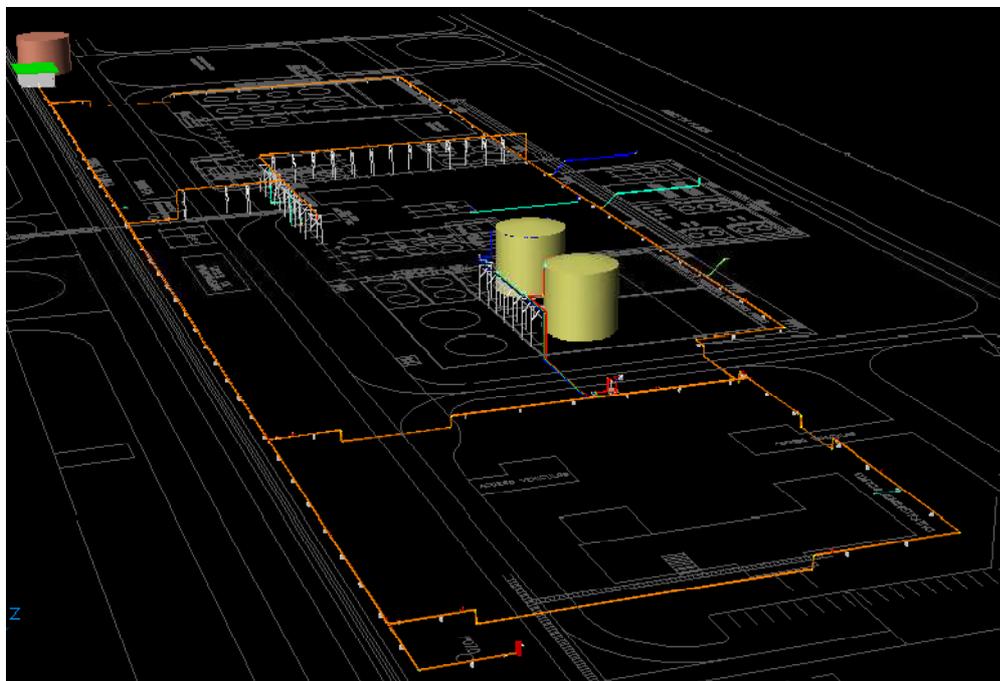


Figura 5.15 ESQUEMA DE UNA RED CONTRA INCENDIO

8. La red de agua contra incendio debe contar con válvulas de seccionamiento, tomas para camión, tomas para monitores-hidrantes, tomas de alimentación a sistemas de aspersión, tomas de alimentación a sistemas de espuma. No podrán tenerse tomas exclusivas para hidrantes, invariablemente deben ser monitor-hidrante.
9. Para la ubicación y configuración de la red, en el diseño se debe considerar que para minimizar los riesgos por radiación, sobre presión por explosión, impactos por vehículos u otros factores que pongan en riesgo la integridad mecánica de la tubería, ésta debe ser subterránea.
10. En el diseño del trazo de la red no se debe permitir cruzar por el interior de diques de contención de tanques de almacenamiento; asimismo, se debe evitar el cruce de calles, accesos y vías de ferrocarril, construcciones o bodegas. Cuando no se pueda evitar dichos cruces, se debe considerar la protección contra efectos de cargas externas o fuego que pueda dañarla según el caso.
11. En áreas de instalaciones de proceso y en lugares donde la temperatura ambiente pueda llegar a ser inferior a los 0° [C], el diseño debe indicar que la tubería contra incendio se debe enterrar como mínimo a una profundidad de 0,9 m [3 pies] con respecto a la parte superior de la tubería [lomo].



12. En la tubería de la red de agua contra incendio que pase debajo de caminos o carreteras, el diseño debe indicar que la tubería contra incendio se debe enterrar a una profundidad mínima de 0,9 m [3 pies], con respecto a la parte superior de la tubería.
13. En la tubería de la red de contra incendio que pase por debajo de vías de ferrocarril, se debe enterrar a una profundidad mínima de 1,4 m [4,6 pies], con respecto a la parte superior de la tubería (lomo).
14. La red de agua contra incendio debe contar con válvulas de seccionamiento identificadas y localizadas en los puntos apropiados, que permitan sectorizar o aislar el sistema en anillos y tramos de tubería, sin dejar de proteger ninguna de las áreas o equipos que lo requieran, para fines de mantenimiento o ampliación; así como para conducir preferentemente el agua hacia el área o equipos a proteger; considerándose su ubicación en lugares de fácil acceso y protegidas contra golpes donde se requiera.
15. Las válvulas deben ser del tipo compuerta de vástago ascendente. Aquellas instaladas en un registro, deben contar con una extensión que permita accionar la válvula desde el exterior, al mismo tiempo contar con un poste indicador para precisar la posición de abierto o cerrado.
16. Todas las válvulas instaladas en al red de agua contra incendio deben cerrar en menos de 5 segundos cuando estén completamente abiertas y operando a la máxima velocidad posible, con la finalidad de evitar el golpe de ariete. El diseño no debe considerar el uso de válvulas de globo en redes de agua contra incendio, debido a que provocan excesivas caídas de presión, a excepción del cabezal de pruebas.



Figura 5.16 CABEZAL DE PRUEBAS



17. En las áreas de plantas de proceso y de almacenamiento, el diseño de la red de agua contra incendio debe considerar la instalación de hidrantes-monitores para conectar boquillas y mangueras contra incendio; así como tomas para camión contra incendio, las cuales deben localizarse en la periferia de las calles y ser de fácil acceso de los camiones contra incendio.
18. El diseño de la red de agua contra incendio debe considerar la ubicación entre hidrantes-monitores con un distanciamiento máximo de 30 m, la distancia entre ellos no debe dejar zonas sin proteger.
19. Los anillos de la red de agua contra incendio deben diseñarse para instalarse en cada uno de estos, con un máximo de 12 hidrantes-monitores.
20. La toma del ramal de la red contra incendio para hidrantes-monitores debe ser al menos de 200 mm Diámetro Nominal (8 pulg NPS), sin bridas de conexión.
21. Los dispositivos para salida de agua contra incendio para un hidrante-monitor deben estar constituidos con dos tomas para conectar mangueras de 65 mm (2½ pulg) de diámetro y los accesorios para la boquilla del monitor.
22. En el diseño de la red de agua contra incendio para alimentación de hidrantes-monitores se debe utilizar válvulas de apertura y cierre rápido; el cierre no debe ser menor a 5 segundos.
23. Los hidrantes de agua contra incendio deben diseñarse, de manera que por cada una de las tomas de 65 mm (2½ pulg) de diámetro, se pueda proporcionar como mínimo un gasto de 0,946 m³/min; (946 lpm, 250 GPM).
24. Los monitores deben seleccionarse para tener un giro mínimo de 120° sobre el plano vertical y de 360° sobre el plano horizontal, así como un mecanismo de bloqueo para fijarlo en la posición seleccionada, sin necesidad de un seguro adicional y debe ser listados para servicio contra incendio por UL o aprobada por FM o equivalentes.
25. El alcance mínimo de cobertura desde la línea de centro del monitor a chorro directo del agua, debe ser de 30 metros a una presión de 689 KPa (7 kg/cm², 100 lb/pulg²). Sin embargo, deben considerarse la posibilidad de que equipos u otras instalaciones que obstruyan su alcance, por lo que en estos casos se deben considerar hidrantes- monitores adicionales.



26. En cualquier caso, el diseño para la protección mecánica de la tubería de alimentación a los hidrantes -monitores, debe sobresalir por lo menos 50 cm (20 pulg) por encima del nivel de piso terminado cuando la conexión sea a partir de una tubería subterránea.
27. La boquilla del monitor se debe seleccionar con chorro regulable y flujo constante, con patrones de chorro directo, niebla estrecha y niebla amplia, para manejar volúmenes de agua de 1,325 m³/min (1 325 lpm; 350 GPM) a 3,785 m³/min (3 785 lpm, 1000 GPM.) y debe ser listada para servicio contra incendio por UL o aprobada por FM o equivalentes.
28. La selección de la capacidad de las boquillas debe ser con base al requerimiento del área a proteger y la densidad de aplicación. El diseño debe considerar su instalación para la protección secundaria de tanques de almacenamiento, áreas de carga y descarga de productos combustibles, inflamables y gases, áreas de racks de tuberías, en cabezales de recibo y medición, en áreas que presenten riesgos especiales o en lugares inaccesibles entre otras instalaciones. Se deben tomar como referencia los siguientes criterios:
- En las instalaciones tipo A y B descritas anteriormente se deben usar de 350 GPM a 500 GPM, a menos que el área usuaria especifique boquillas de menor o mayor capacidad, con base en un estudio de análisis de riesgos que cubra sus requerimientos particulares.
 - En instalaciones portuarias se deben usar boquillas con capacidad de 500 GPM a 1000 GPM para la protección de buque-tanques, a menos que el área usuaria especifique boquillas de menor o mayor capacidad, con base en un estudio de análisis de riesgos que cubra sus requerimientos particulares.

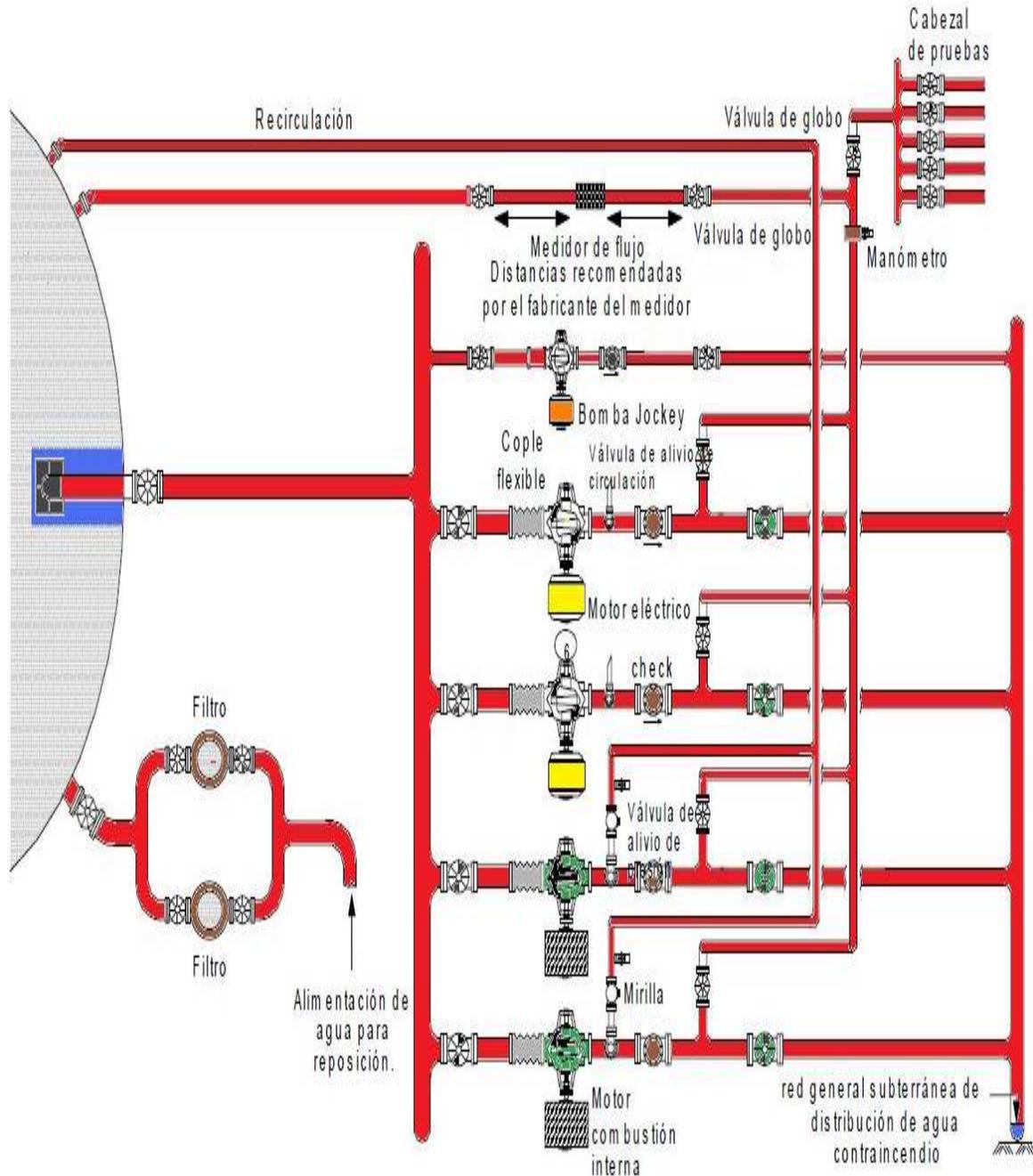


Figura 5.17 ARREGLO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRA INCENDIO



CAPÍTULO 6

EJEMPLO DE PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO A UN ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO





6. EJEMPLO DE PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO A UN ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO

En este capítulo se pretende desarrollar el cálculo y dimensionamiento del sistema de bombeo de agua contraincendio desde un enfoque práctico. Es importante mencionar que en este trabajo de tesis no se pretende desarrollar un diseño completo de una red contra incendio, ya que no se definen parámetros indispensables como:

- Diámetro de tubería principal, accesorios como (codos de 90°,45°, Tee, Coples, etc), Rugosidad, longitud de la red contra incendio
- Propiedades del fluido extintor (densidad, temperatura, viscosidad)
- Número y tipo de hidrantes.
- Número y tipo de monitores.
- Número y tipo de mangueras
- Análisis de riesgo como:
 - Instalaciones a proteger (número de tanques, capacidad de almacenamiento, fuente primaria de abastecimiento de agua, numero de personal en el área de operación).

6.1 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRAINCENDIO.

Se tiene un tanque de techo flotante de capacidad de 200,000 [Bls] para almacenamiento de petróleo crudo, está diseñado bajo la norma API-65 y las dimensiones del tanque son las siguientes:

CAPACIDAD DEL TANQUE	DIÁMETRO	ALTURA	PERIMETRO	SUPERFICIE DEL TANQUE (ESPEJO TOTAL)
Bls (m ³)	m (pies)	m (pies)	m (pies)	m ² (pies cuadrados)
200 000	54.864	14.630	172.35	2364.02
(31 800)	(180.00)	(48.00)	(565.48)	(25446.96)

Tabla 6.1 DIMENSIONES DE TANQUE DE 200Mb

El principio de operación de un Tanque de techo flotante es el de eliminar la cámara de aire comprendida entre el espejo de líquido y el techo, con la finalidad de que el fluido no se



evapore, y cause riesgos tanto para la seguridad del tanque como para el medio ambiente, así como un decremento considerable en el volumen almacenado en el tanque.

6.2 DENSIDAD DE APLICACIÓN DE ACUERDO A LA NORMATIVIDAD DE LA NFPA

Los requerimientos de agua contra incendio para tanques de almacenamiento, se establecen en base al consumo de agua para la generación de espuma. Adicionalmente, se deberán agregar los consumos de agua de enfriamiento para el tanque incendiado y los tanques adyacentes.

La densidad de aplicación de agua requerida para el enfriamiento del tanque incendiado y los tanques adyacentes, podrá efectuarse mediante el uso de monitores, mangueras, o sistemas fijos de agua pulverizada. A efectos de diseño del sistema de agua contra incendio, el consumo de agua para enfriamiento del tanque incendiado, se determinará en base a una densidad de aplicación de **10,2 lpm/m² (0.25 GPM/pie²)**.

Por lo que la demanda de agua es la siguiente:

$$Q = T \times A$$

Donde:

Q= GASTO DE AGUA EN GPM

T=TASA DE APLICACIÓN [GPM/pie²]

A= SUPERFICIE DEL TANQUE (AREA DE ESPEJO)

Sabemos que el área del tanque con un volumen de **31 800 m³ (200 Mb)** de la tabla 6.1

$$A = 2364.02 \text{ m}^2 (25446.96 \text{ pie}^2)$$

Por lo tanto el gasto requerido es igual a:

$$Q = T \times A$$

$$Q = (0.25 \text{ GPM/pie}^2) \times (25446.96 \text{ pie}^2)$$

$$Q = 6361.74 \text{ GPM}$$

A este gasto obtenido podemos agregar un factor de seguridad de 1.1

$$Q = 6361.74 \text{ GPM} * fs$$



$$Q = 6361.74 \text{ GPM} * 1.1$$

$$Q = 6997.91 \text{ GPM}$$

6.3 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE BOMBEO

En los aspectos referentes a la selección, instalación y operación de la bomba se aplicó lo establecido en el código NFPA 20, tomando en cuenta la recomendación de la norma NRF-016-PEMEX-2010.

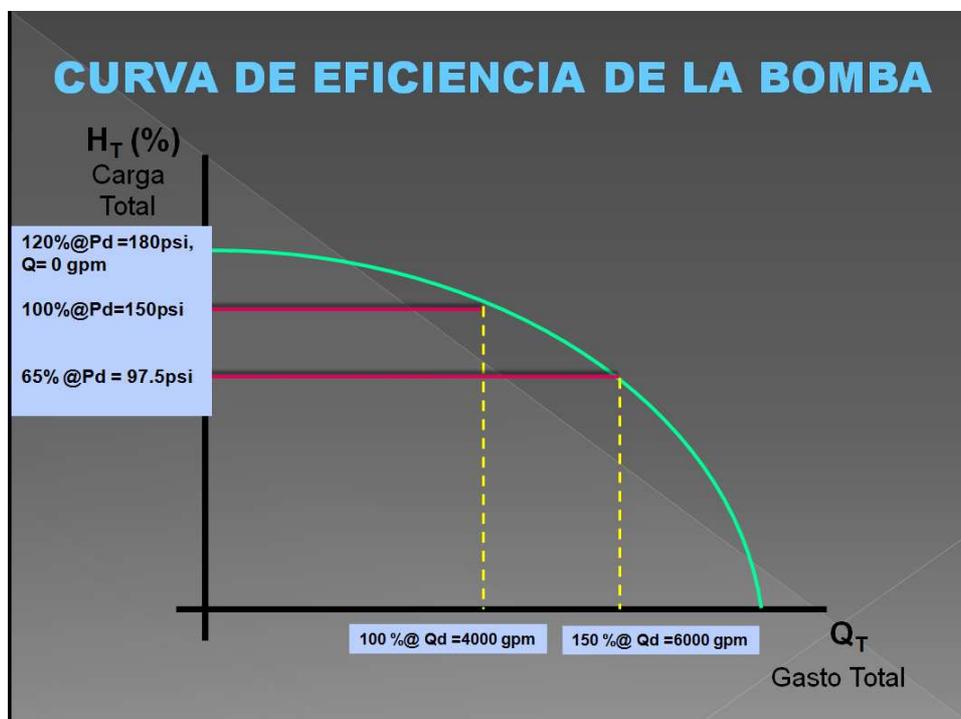


FIGURA 6.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA BOMBA

Donde

P_d = Presión de diseño [psi]

Q_d = Gasto de diseño [gpm]



CONDICIONES DE OPERACIÓN	GASTO [GPM]
65 %@ Pd	6000
100 %@ Pd	4000

TABLA 6.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA BOMBA

Para nuestro sistema se seleccionaron bombas de tipo horizontal, debido a que se supone una altura de succión es positiva. Para dicha selección nos referimos al fabricante de bombas contra incendio ITT que cuenta con un software libre dedicado exclusivamente a bombas contra incendio, utilizando un caudal de diseño de diseño de 4000 GPM, una presión de descarga con valor de 150 psi

- I. EL SOFTWARE DE ITT SOLICITA LOS SIGUIENTES DATOS DE ENTRADA :
 - a. GASTO [GPM]
 - i. Para nuestro diseño el gasto es de 4000 [GPM]
 - b. TIPO DE MOTOR
 - i. Para nuestro diseño el motor es eléctrico de 60 HZ.



ITT

A-C Fire Pump Systems

Home	News and Events	Quote Request	Info Request	Links
Fire Pumps	Packages	Literature	Search	Pump Selection
Find Local Rep				

[A-C Fire Pump Systems](#) > [A-C Fire Pump Selection Program](#)

A-C Fire Pump Systems • 8200 N. Austin Ave • Morton Grove • IL 60053 • USA • Tel 847 966-3700 • Fax 847 966-1914

■ Pump Selection Program

Flow Rate in GPM	4000 ▾
Driver Type	<input type="radio"/> Diesel Engine <input checked="" type="radio"/> 60HZ Motor <input type="radio"/> 50HZ Motor
Next >>	



- II. El Software ITT solicita las condiciones de operación de diseño
- Presión de succión. Se considero una presión de 0 [psi] considerando que se cuenta con un tanque vertical localizado en una terminal marítima conectado a una fuente de abastecimiento ilimitada.
 - Presión de descarga 150 [psi] considerando que la presión en la tubería debe de ser mayor a **(7 kg/cm²; 100 lb/pulg²)** pero nunca debe de superar los **(12,30 kg/cm²; 175 lb/pulg²)**.



A-C Fire Pump Systems

Home	News and Events	Quote Request	Info Request	Links	
Fire Pumps	Packages	Literature	Search	Pump Selection	Find Local Rep

[A-C Fire Pump Systems](#) > [A-C Fire Pump Selection Program](#)

A-C Fire Pump Systems • 8200 N. Austin Ave • Morton Grove • IL 60053 • USA • Tel 847 966-3700 • Fax 847 966-1914

■ Pump Selection Program

Flow Rate in GPM:	4000
Driver Type:	60HZ Motor
Pump Series:	9100
Developed PSI	150 ▾
Suction Pressure	0 ▾

<< Back Next >>



- III. Con los primeros datos de entrada, el software nos propone el sistema de bombeo serie 9100



A-C Fire Pump Systems

Home	News and Events	Quote Request	Info Request	Links	
Fire Pumps	Packages	Literature	Search	Pump Selection	Find Local Rep

[A-C Fire Pump Systems](#) > [A-C Fire Pump Selection Program](#)

A-C Fire Pump Systems • 8200 N. Austin Ave • Morton Grove • IL 60053 • USA • Tel 847 966-3700 • Fax 847 966-1914

■ **Pump Selection Program**

Flow Rate in GPM:	4000
Driver Type:	60HZ Motor
Pump Series	Pump Series Info 9100

<< Back Next >>

- IV. El software propone el sistema de bombeo serie 9100 que tiene las siguientes características:
- Modelo 14X10X20F-S
 - Velocidad de operación 1785 RPM
 - Diámetro del impulsor de 19.1 [pulg]
 - Potencia máxima sugerida para el motor 523 HP
 - Presión máxima de operación 175 [psi]



A-C Fire Pump Systems

Home	News and Events	Quote Request	Info Request	Links
Fire Pumps	Packages	Literature	Search	Pump Selection
				Find Local Rep

A-C Fire Pump Systems ▶

A-C Fire Pump Systems • 8200 N. Austin Ave • Morton Grove • IL 60053 • USA • Tel 847 966-3700 • Fax 847 966-1914

■ Pump Selection Program

Flow Rate in GPM:	4000							
Developed PSI:	150							
Suction Pressure:	0							
Driver Type:	60HZ Motor							
Pump Series:	9100							
Model	Speed	Imp Dia (in)	Motor HP	Max HP	Max WP (psi)	Listing	Pump Curve	Single Curve
14X10X20F-S	1785	19.1	0	523.00	175	UL,FM	A75265	Create
<input style="background-color: #d9e1f2; border: 1px solid #000;" type="button" value=" << Back "/>								



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



V. La curva arrojada por el software ITT es la siguiente



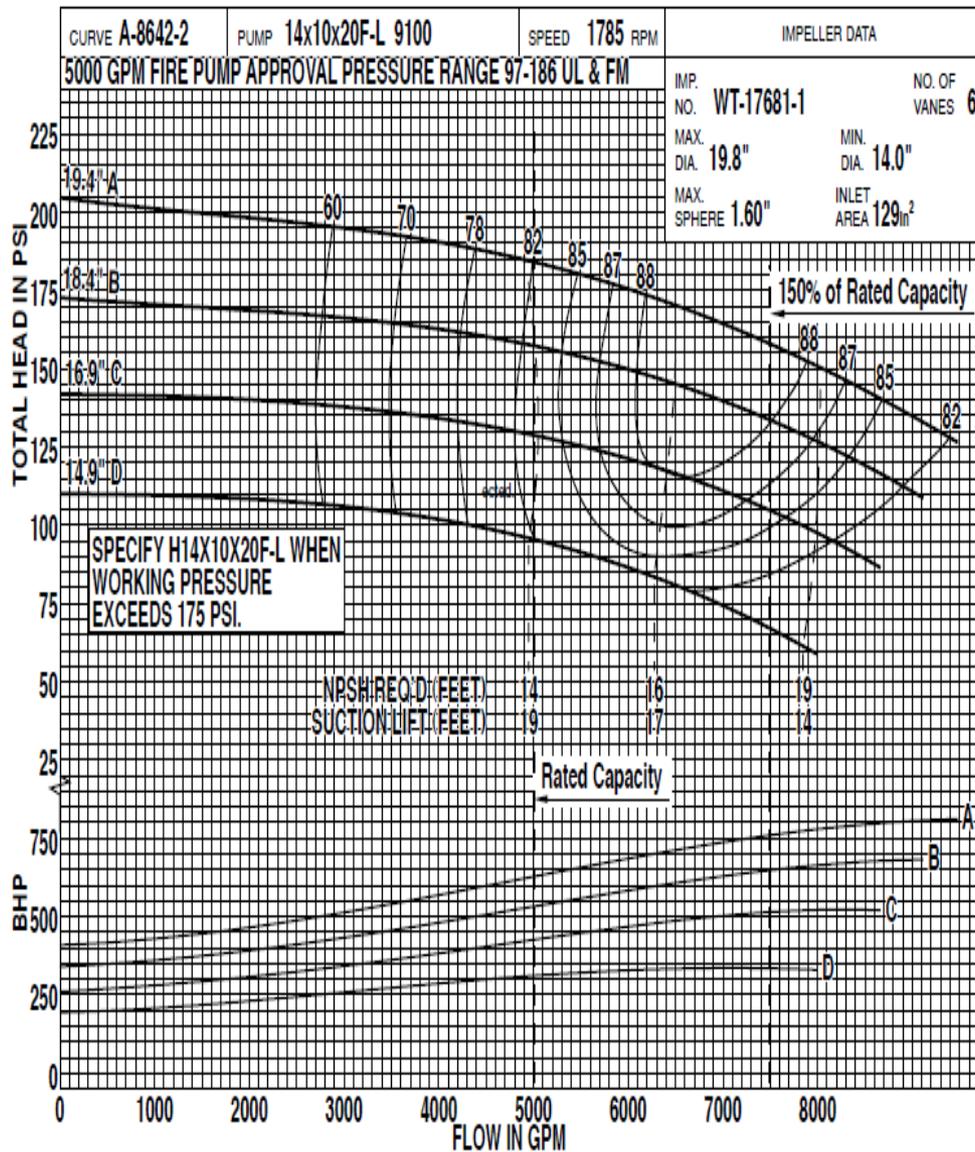
FIRE PUMP SYSTEMS
Performance Curves
Motor and Engine Driven
5000 GPM

A-C Fire Pump Systems
ITT Industries

FP 2.0

July 1999

Supersedes all previous issues



Curves show performance with clear water at 85°F. If specific gravity is other than 1.0, BHP must be corr



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- I. El principal propósito de un sistema de protección contraincendio es el de salvaguardar vidas humanas.
- II. Las instalaciones petroleras cuentan con distintos tipos de sistemas contraincendio, este es un factor que puede disminuir pérdidas humanas y económicas.
- III. Las prácticas de trabajo seguras ayudan a minimizar los riesgos contra la salud, medio ambiente y la seguridad de las personas que laboran en instalaciones petroleras.
- IV. Se dio una explicación breve del sistema de protección activa contraincendio para poder entender y tener una comprensión adecuada de los términos que se manejan en la protección contraincendio.
- V. En este trabajo se da una explicación de una manera práctica, de cómo seleccionar un sistema de bombeo contraincendio tomando en cuenta las consideraciones principales de la norma NFPA 20 y las recomendaciones principales de la norma NRF-016-PEMEX-2010.
- VI. El correcto diseño del sistema de bombeo de agua contraincendio puede hacer la diferencia para actuar en una situación de siniestro. Debemos de recordar que las bombas alimentan a toda una red de tuberías, hidrantes, monitores, sistemas de aspersión de agua, etc. Sin olvidar que todos estos equipos deben de trabajar a una presión y un gasto requerido para combatir un riesgo específico.



RECOMENDACIONES

- I. No solo las instalaciones petroleras y de procesos industriales en general deben de contar con un sistema contraincendio, cualquier tipo de empresa que tenga presencia de riesgo de incendio debe de contar con un sistema de protección de tal naturaleza.
- II. En la protección contraincendio se debe considerar cierta normatividad tanto nacional como internacional, que se debe aplicar para tener un sistema confiable del que dependen vidas humanas en caso de que se presente algún tipo de incendio en instalaciones petrolera.
- III. Debemos de recordar, que al atacar un incendio, lo primero es evitar que el fuego se extienda, aislándolo y controlándolo, a fin de no permitir que el mismo llegue a otras áreas; posteriormente proceder a su extinción, después de tomar en cuenta todos los factores necesarios para hacerlo en forma segura y con un mínimo de daños a las instalaciones adyacentes al incendio.
- IV. En este trabajo se presento una forma práctica del análisis y diseño del sistema de bombeo apoyándose de un software de la empresa ITT, pero para el correcto diseño de una red contraincendio se deben de considerar todas las variables que afecten las condiciones de operación optima de una red contraincendio que fueron señaladas en los capítulos 4,5 y 6.
- V. Es importante que en la formación de un Ingeniero Petrolero se tengan los conocimientos principales sobre los riesgos antes, durante y despues de un incendio que se puedan presentar en instalaciones petroleras.



APÉNDICE





APÉNDICE A.

CRITERIOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE UNA RED CONTRAINCENDIO.

Para calcular la red de distribución de agua contra incendio se debe cumplir como mínimo con lo siguiente:

- La presión disponible en el hidrante o monitor de localización más desfavorable será de 7 Km/cm² (100 lb/pulg²) como mínimo.
- El gasto proporcionado será suficiente para alimentar la cantidad de mangueras, monitores y cualquier otro sistemas contra incendio que deba emplearse simultáneamente para combatir el incendio de riesgo mayor existente en la instalación.

Para calcular la velocidad, caída de presión y gasto en cualquier tramo de la red contra incendio, se puede hacer uso de las ecuaciones siguientes:

$$\text{Caída de presión (P)} = \frac{4524 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}}$$

$$\text{Gasto (Q)} = .442 d^{2.63} C \left(\frac{P_1 - P_2}{L} \right)^{.54} = \frac{Cd^{2.63} p^{0.54}}{94.19}$$

$$\text{Velocidad (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{.4080}{d^2}$$

Donde:

V = Velocidad en pies/seg, m/seg

Q = Gasto, en galones/min o pie³/seg, m³/seg

C = [Coeficiente de Hanzen y Williams para el tubo depende del material y tiempo de uso].

P = Caída de presión en lb/pulg² por cada 1,000 pies de tubería.

D = Diámetro interior del tubo en pulg ó m.

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



Clase de tubería	Coefficiente "C"
Tubería de fierro fundido, hierro o Tubería de acero con superficie interior lisa.	
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

SECUENCIA PARA EL CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE AGUA CONTRAINCENDIO

Información requerida:

1. Diagrama simplificado de la red.
2. Flujo de agua, en galones/min. pie³/seg. y m³/seg (Q).
3. Diámetro interior del tubo en pulg, m. y cm (d).
4. Longitud considerada del tubo, en pies, m. y cm (l).
5. Densidad del agua, en lb/pie³ y kg/m³ (r).
6. Viscosidad del agua, en centipoises (μ).

Secuencia del cálculo:

- a) Cálculo de la velocidad del agua.

$$V = 0.408 \quad Q/d^2$$

- b) Cálculo del número de Reynolds.

$$Re = 123.9 \quad d \quad V/\rho$$

- c) Con el número de Reynolds y el diámetro del tubo , determinar el factor de fricción (f).



d) Determinar la caída de presión en el tramo de tubería considerado. Para los accesorios, debe determinarse la longitud equivalente a tramo recto de tubería de cada uno de ellos de acuerdo a la tabla de la página A-30 del libro “Flujo de Fluidos”, autor (Crane), y sumarse a la longitud considerada de tubería.

$$P_c = 0.001294 \frac{f L \rho V^2}{d}$$

e) Para conocer la presión en un punto dado de la red, considerar lo siguiente:

$$P_n = P_d - P_c$$

P_n = Presión en el punto deseado (lb/pulg² man).

P_d = Presión en el punto de referencia (lb/pulg² man).

P_c = Caída de presión al tramo de tubería considerado (lb/pulg²).

f) Para conocer la presión en un punto dado de la red, considerar lo siguiente:

$$P_n = P_d - P_c \pm P_H$$

P_n = Presión en el punto deseado (lb/pulg² man).

P_d = Presión en el punto de referencia (lb/pulg² man).

P_c = Caída de presión en el tramo de tubería considerado en lb/pulg².

P_H = Caída de presión, debido a carga hidrostática.

g) Para conocer la caída de presión a través de un hidrante, se debe considerar éste como un arreglo de tubo y accesorios. Determinar la longitud equivalente de los accesorios involucrados a tramo recto de tubería y proceder como se indica en los incisos anteriores. Para facilidad de cálculo, 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.



**DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRA INCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA**



APÉNDICE B.

TABLA A.2. MATERIALES PARA REDES DE AGUA CONTRA INCENDIO

	Descripción	Diámetro	Especificación			
Tubo	Extremos roscados	1 1/2" y menores	Sin costura ced. 80	ASTM-A53 Gr. B		
	Extremos biselados	2" a 6"	Sin costura ced. 40	ASTM-A53 Gr. B		
	Extremos biselados	8" a 16"	Sin costura ced. 20	ASTM-A53 Gr. B		
	Extremos biselados	18" y mayores	Sin costura ced. 20	ASTM-A53 Gr. B		
	Nipples	2 1/2" (Nota 1)	Sin costura ced. 80	ASTM-A53 Gr. B		
Válvulas	Roscadas	Compuerta (cuna sólida)	1 1/2" y menores	150 [#] SWP, RSIS, UB	ASTM-B62	
		Compuerta (doble disco)	1 1/2" y 2 1/2" (Nota 1)	300 [#] RSIS, UB, Rosca hembra NPT y Rosca macho	ASTM-B61	
		Angulo	1 1/2" y 2 1/2" (Nota 1)	NSHT (con tapón cachucha y cadena)	300 [#] SWP, RSIS, UB	ASTM-B61
		Retención (Tipo columpio)	1 1/2" y menores	200 [#] Tapa roscada	ASTM-B62 Interiores de bronce con níquel	
		Retención (Tipo pistón)	1 1/2" y menores (Nota 3)	150 [#] Tapa roscada	ASTM-B62 Interiores de bronce con níquel	
	Bridas	Compuerta (cuña sólida)	2" y mayores	150 [#] RF, OS & Y, BB	ASTM- A216 Gr WCB Interiores de acero inoxidable 13 % cromo AISI 410.	
		Retención (columpio)	2" y mayores	150 [#] RF, BC.	ASTM-A216 Gr WCB Interiores de acero inoxidable 13% cromo AISI 410.	
	Conexiones	Bridas	Cuello soldable	2" y mayores	150 [#] RF	ASTM-A105
		Roscadas	1 1/2" y menores	2000 [#] tuerca unión con asiento de acero contra bronce.	ASTM-A105 Gr. II	
		Coples roscados	1 1/2" y menores	3000 [#] tuerca unión con asiento de acero contra bronce.	ASTM-A105 Gr. II	
Soldables a tope		2" y mayores	Cédula de acuerdo a la de la tubería.	ASTM-A234 Gr. WPB		
	Juntas	Todos	Asbesto comprimido de 1.5 mm (1/16") de espesor.	ASTM-D1170		
	Tomillería	Todos	Tornillos de máquina de cabeza cuadrada con tuercas hexagonales.	ASTM-A307 Gr. B ASTM-A194 Gr. 2H		
Uniones	Desmontables para mantenimiento	1 1/2" y menores 2" y mayores	Tuerca unión Brida			
	Normal	1 1/2" y menores 2" y mayores	Coples Soldables a tope			

Notas:

- 1) Para usarse exclusivamente en hidrantes.
- 2) Límites de operación: 20 kg/cm² MAN y 40° C.
- 3) Solo en líneas horizontales.
- 4) Para este tipo de válvulas, usar bridas R.F. y espárragos A-139 Gr B7 con tuercas hexagonales y A-194 Gr 2H.
- 5) Abreviaturas.

SWP Presión de operación con vapor (Steam Working Pressure).

RSIS Vástago ascendente con rosca interior (Rising Stem Inside Screw).

UB Bonete de unión roscada (Union Bonnet).

NPT Rosca estándar para tubería (National Pipe Thread).

NSHT Rosca estándar para conexiones de manguera (National Standard Hose thread) (Vea Norma de Seguridad de Pemex A VIII-13).

OS & Y Yugo con rosca exterior (Outside screw and Yoke).

BB Bonete atomillado (Bolted Bonnet).

BC Tapa atomillada (Bolted Cap).

RF Cara realzada- Bridas (Raised Face).

APÉNDICE C.

ROMBO DE CLASIFICACIÓN DE RIESGOS NFPA-704



COLOR FONDO: S (AZUL), I (ROJO), R (AMARILLO), E (BLANCO)

RIESGOS		GRADO DE RIESGO	
	SALUD	4	SEVERO
	INFLAMABILIDAD	3	SERIO
	REACTIVIDAD	2	MODERADO
	ESPECIALES	1	LIGERO
		0	MINIMO



(I)
RIESGO DE
INFLAMABILIDAD

- 4.- Sustancias que vaporizan rápidamente o completamente a presión atmosférica y a temperatura ambiente normal o que se dispersan con facilidad en el aire y que arden fácilmente, éstas incluyen:
 - Gases inflamables.
 - Sustancias criogénicas inflamables.
 - Cualquier líquido o sustancia gaseosa que es líquida mientras está bajo presión, y que tiene un punto de ignición por debajo de 22,8 °C (73 °F) (295,95 K) y un punto de ebullición por debajo de 37,8 °C (100 °F) (310,95 K).
 - Sustancias que arden cuando se exponen al aire.
 - Sustancias que arden espontáneamente.
- 3.- Líquidos y sólidos que pueden arder bajo casi todas las condiciones de temperatura ambiente, éstos incluyen:
 - Líquidos que tienen un punto de ignición por debajo de 22,8 °C (73 °F) (295,95 K) y un punto de ebullición igual o mayor que 37,8 °F (100 °F) (310,95 K), y aquellos líquidos que tienen un punto de ignición igual o mayor que 22,8 °C (73 °F) (295,95 K) y un punto de ebullición por debajo de 37,8 °F (100 °F) (310,95 K).
 - Sustancias que de acuerdo a su forma física o a las condiciones ambientales pueden formar mezclas explosivas con el aire y que se dispersan con facilidad en el aire.
 - Sustancias que se queman con extrema rapidez, porque usualmente contienen oxígeno.
- 2.- Sustancias que deben ser precalentadas moderadamente o expuestas a temperaturas ambiente relativamente altas, antes de que pueda ocurrir la ignición. Las sustancias en este grado de clasificación no forman atmósferas peligrosas con el aire bajo condiciones normales, pero bajo temperaturas ambiente elevadas o bajo calentamiento moderado, podrían liberar vapor en cantidades suficientes para producir atmósferas peligrosas con el aire, éstas incluyen:
 - Líquidos que tienen un punto de ignición igual o mayor que 37,8 °C (100 °F) (310,95 K) y por debajo de 93,4 °C (200 °F) (368,55 K).
 - Sustancias sólidas en forma de polvo que se queman con facilidad, pero que generalmente no forman atmósferas explosivas con el aire.
 - Sustancias sólidas en forma de fibras que se queman con facilidad y crean peligro de fuego, como el algodón, henequén y cáñamo.
 - Sólidos y semisólidos que despiden fácilmente vapores inflamables.
- 1.- Sustancias que deben ser precalentadas antes de que ocurra la ignición requieren un precalentamiento considerable bajo todas las condiciones de temperatura ambiente, antes de que ocurra la ignición y combustión éstas incluyen:
 - Sustancias que se quemarán en el aire cuando se expongan a una temperatura de 815,5 °C (1500 °F) (1 088,65 K) por un periodo de 5 minutos o menos.
 - Líquidos sólidos y semisólidos que tengan un punto de ignición igual o mayor que 93,4 °C (200 °F) (368,55 K).
 - Líquidos con punto de ignición mayor que 35 °C (95 °F) (308,5 K) y que no soporten la combustión cuando son probados usando el Método de Combustión Sostenida.
 - Líquidos con punto de ignición mayor que 35 °C (95 °F) (308,5 K) en una solución acuosa o dispersión en agua con líquidos /sólidos no combustibles en contenido de más de 85% por peso.
 - Líquidos que no tienen punto de fuego cuando son probados por el método ASTM D 92, Standard Test Method for Flash Point and Fire Point by Cleveland Open Cup, hasta el punto de ebullición del líquido o hasta una temperatura en la cual muestra bajo prueba un cambio físico evidente.
 - La mayoría de las sustancias combustibles ordinarias.
- 0.- Sustancias que no se quemarán, éstas incluyen cualquier material que no se quemará en aire, cuando sea expuesto a una temperatura de 815,5 °C (1500 °F) (1 088,65 K), durante un periodo mayor de 5 minutos.



<p>(R)</p> <p>RIESGO DE REACTIVIDAD</p>	<p>4.- Con facilidad son capaces de detonar o sufrir una detonación explosiva ó reacción explosiva a temperaturas y presiones normales, se incluye a los materiales que son sensibles al choque térmico o al impacto mecánico a temperatura y presión normales.</p> <ul style="list-style-type: none">• Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo (producto del calor de reacción y rango de reacción) a 250 °C (482 °F) (523,15 K) de 1 000 W/ml o mayor. <p>3.- Sustancias que por si mismas son capaces de detonación o descomposición o reacción explosiva, pero que requieren una fuente de iniciación o que deben ser calentadas bajo confinamiento antes de su iniciación, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo a 250 °C (482 °F) (523,15 K) igual o mayor que 100 W/ml y por debajo de 1 000 W/ml.• Sustancias que son sensibles al choque térmico o impacto mecánico a temperatura y presiones elevadas.• Sustancias que reaccionan explosivamente con el agua sin requerir calentamiento o confinamiento. <p>2. Sustancias que sufren con facilidad un cambio químico violento a temperatura y presiones elevadas, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo a 250 °C (482 °F) (523,15 K) igual o mayor que 10 W/ml y por debajo de 100 W/ml.• Sustancias que reaccionan violentamente con el agua o forman mezclas potencialmente explosivas con el agua. <p>1.- Sustancias que por sí mismas son estables normalmente, pero que pueden convertirse en inestables a ciertas temperaturas y presiones, estas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo a 250 °C (482 °f) (523,15 K) igual o mayor de 0,01 W/ml y por debajo de 10 W/ml.• Sustancias que reaccionan vigorosamente con el agua, pero no violentamente.• Sustancias que cambian o descomponen al exponerse al aire, la luz o la humedad. <p>0.- Sustancias que por si misas son estables normalmente, aun bajo condiciones de fuego, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo a 250 °C (482 °F) (523,15 K) por debajo de 0,01 W/ml.• Sustancias que no reaccionan con el agua.• Sustancias que no exhiben una reacción exotérmica a temperaturas menores o iguales a 500 °C (932 °F) (773,15 K) cuando son probadas por calorimetría diferencial (differential scanning calorimetry).
---	--



<p>(S)</p> <p>RIESGO A LA SALUD</p>	<p>4.- Severamente peligroso. Por una o repetidas exposiciones puede amenazar la vida o causar un daño mayor o permanente. Corrosivo, con efectos irreversibles en la piel; extremadamente irritante y que persiste por mas de 7 días.</p> <p>3.- Seriamente peligroso. Lesión grave probablemente de atención rápida y tomar tratamiento medico. Muy irritante o con efectos reversibles en piel o cornea (opacidad) que persisten más de 7 días.</p> <p>2.- Moderadamente peligroso. Puede ocasionar una lesión temporal o menor. Moderadamente irritante, reversible dentro de 7 días.</p> <p>1.- Ligeramente peligroso. Irritación o posible lesión reversible. Ligeramente irritante, reversible dentro de los 7 días.</p> <p>0.- Mínimamente peligroso. No significa un riesgo para la salud. Esencialmente no irritante</p>
--	--

<p>(E)</p> <p>RIESGOS ESPECIALES</p>	<p>a) usar las letras OXI para indicar la presencia de una sustancia oxidante.</p> <p>b) usar el símbolo W para indicar que una sustancia puede tener una reacción peligrosa al entrar en contacto con el agua.</p> <p>c) usar las letras ACID para indicar la presencia de una sustancia ácida.</p> <p>d) usar las letras ALC para indicar la presencia de una sustancia alcalina.</p> <p>e) usar las letras CORR para indicar la presencia de una sustancia corrosiva.</p> <p>f) usar símbolo de  radiación.</p> <p>g) opcionalmente usar las letras o símbolos del equipo de protección personal.</p> <p>Variables permitidas :</p> <p>a´) agregar el nombre de la sustancia en el entorno de la figura.</p> <p>b´) agregar las letras o símbolos del equipo de protección personal , en un recuadro , en el entorno del modelo, con fondo blanco, y letras y símbolos en color contrastante.</p>
---	--



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



Grado de riesgo de productos almacenados más comunes.				
Producto	Riesgo			
	Salud	Inflamabilidad	Reactividad	Especial
Acetonitrilo	2	3	0	
Aceite Tecno 90	0	2	0	
Aceite Transformadores	0	1	0	
Acetaldehido	3	4	2	
Acetileno	1	4	3	
Acido Clorhídrico	3	0	1	
Acido Fluorhídrico	4	0	1	
Acido Sulfhídrico	4	4	0	
Acido Sulfúrico	3	0	2	-W
Acrlonitrilo	4	3	2	
Acroleína	4	3	3	
Alcohol Isopropilico)	1	3	0	
Alkilado Ligero	1	3	0	
Alkilado Ligero de Importación	1	3	0	
Amoniaco (Anhidro)	3	1	0	
Aroflex -1	2	3	0	
Aroflex - 2	2	3	0	
Aromina	2	3	0	
Asfaltos	0	3	0	
Asfalto AC- 5	0	3	0	
Asfalto AC- 10	0	3	0	
Asfalto AC- 20	0	3	0	
Asfalto AC- 30	0	3	0	
Azufre (Fundido)	2	1	0	
Benceno	2	3	0	
Bióxido de Carbono	1	0	0	
Butadieno	2	4	2	
Butano- Butileno	1	4	0	
Ciclohexano	1	3	0	
Cloro	4	0	0	OXI
Cloruro de Vinilo	2	4	2	
Combustible Industrial	0	2	0	
Combustóleos	0	2	0	
Combustóleo Baja Viscosidad	0	2	0	
Combustóleo Bajo Azufre	0	2	0	
Combustóleo Intermedio 15	0	2	0	
Combustóleo Pañol	0	2	0	
Combustóleo Pesado	0	2	0	
Crudo	2	3	0	
Cumeno	2	3	1	



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



Grado de riesgo de productos almacenados más comunes.				
Producto	Riesgo			
	Salud	Inflamabilidad	Reactividad	Especial
Dicloroetano	2	3	0	
Diesel Desulfurado	0	2	0	
Diesel Industrial	0	2	0	
Diesel Industrial Bajo Azufre	0	2	0	
Diesel Marino Especial	0	2	0	
Diesel Primario	0	2	0	
Dietanolamina (DEA)	1	1	0	
Dodecibenceno	1	1	0	
Etilbenceno	2	3	0	
Etileno	1	4	2	
Furfural	3	2	0	
Gas Amargo	4	4	0	
Gas Avión 100 / 130	1	3	0	
Gas Dulce	1	4	0	
Gas Nafta	1	4	0	
Gas Natural (Licuado)	3	4	0	
Gasóleo	0	2	0	
Gasóleo Doméstico	0	2	0	
Gasóleo Industrial	0	2	0	
Gasóleo Ligero Primario	0	2	0	
Gasóleo Pesado	0	2	0	
Gasóleo de Vacío	0	2	0	
Gasolina Amarga	3	3	0	
Gasolina Catalítica	1	3	0	
Gasolina Desulfurada	1	3	0	
Gasolina Estabilizada	1	3	0	
Gasolina Incolora	1	3	0	
Gasolina Lavada	1	3	0	
Gasolina Llenado Inicial	1	3	0	
Gasolina Pemex Magna	1	3	0	
Gasolina Pemex Premium	1	3	0	
Gasolina Reformada	1	3	0	
Gasolvente	1	3	0	
Heptano	1	3	0	
Hexano	1	3	0	
Hidracina	3	3	3	
Hidrógeno	0	4	0	
Isobutano - Butileno	1	4	0	
Kerosina	0	2	0	
Meta-Paraxileno	2	3	0	
Metano-Etano	1	4	0	
Metanol	1	3	0	



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



Grado de riesgo de productos almacenados más comunes.				
Producto	Riesgo			
	Salud	Inflamabilidad	Reactividad	Especial
Mezcla Propano-Butano	1	4	0	
Mezcla Propano Propileno	1	4	0	
Monómero de Estireno	2	3	2	
Metil Terbutil Eter (MTBE)	1	3	0	
Metil Terbutil Eter (MTBE) Importación	1	3	0	
N-Heptano	1	3	0	
Nitrógeno (Comprimido y Criogénico)	3	0	0	
o-Xileno	2	3	0	
Oxido de Etileno	3	4	3	
Oxígeno (Criogénico)	3	0	0	OXI
Parafina °A	0	1	0	
Parafina °B	0	1	0	
Parafina °F	0	1	0	
Parafina °L	0	1	0	
Parafina °LG-1	0	1	0	
Parafina °H	0	1	0	
Parafina °Q	0	1	0	
Parafina °S	0	1	0	
p-Xileno	2	3	0	
Pentanos	1	4	0	
Propano	1	4	0	
Propano-Butano (Gas L. P.)	1	4	0	
Propileno Grado Exportación	1	4	1	
Propileno Grado Químico	1	4	1	
Residuo Catalítico	0	2	0	
Residuo Primario	0	2	0	
Teramil Metil Eter (TAME)	1	3	0	
Tetrámero de Propileno	1	4	1	
Tolueno	2	3	0	
Turbosina	0	2	0	
Turbosina Amarga	1	2	0	
Turbosina Primaria	1	2	0	
Xileno 5 Grados	2	3	0	



GLOSARIO





ABREVIATURAS.

ANSI.- American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares).

API.- American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).

ASTM.- American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

DN.- Diámetro Nominal en milímetros.

FM.- Factory Mutual (Asociación Mutualista de Reaseguradores).

NFPA.- National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección Contraincendio).

NH.- National Hose Standard (Norma Nacional de Mangueras).

NPS.- Diámetro Nominal en pulgadas.

NPT.- National Pipe Thread (Cuerda Nacional para Tuberías). De acuerdo con ASME B1.20.1

rpm Revoluciones por minuto.

UL.- Underwriters Laboratories (Organismo certificador de pruebas).

GPM.- Galones Por Minuto

lpm.- litros por minuto

lb/pulg² libras por pulgada cuadrada.



BIBLIOGRAFÍA





BIBLIOGRAFÍA

- I. MANUAL DE PROTECCION CONTRAINCENDIOS, EDITORIAL MAPFRE,S.A. CUARTA EDICION EN ESPAÑOL ABRIL 2001
- II. FUNDAMENTOS DE LA LUCHA CONTRAINCENDIOS, CUARTA EDICIÓN, EDITADO POR RICHARD HALL Y BARBARA ADAMS
- III. MANUAL SEGURIDAD CONTRAINCENDIOS , EDICIÓN MARZO DE 2005 , EDITA COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE BARCELONA
- IV. NFPA 11:2005. STANDARD FOR LOW, MEDIUM AND HIGH-EXPANSION FOAM. (ESTÁNDAR PARA ESPUMA DE BAJA, MEDIA Y ALTA EXPANSIÓN).
- V. NFPA 13:2007. STANDARD FOR THE INSTALLATION OF SPRINKLER SYSTEMS. (ESTÁNDAR PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES).
- VI. NFPA 14:2007. STANDARD FOR THE INSTALLATION OF STANDPIPE, PRIVATE HYDRANT AND HOSE SYSTEMS. (ESTÁNDAR PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TUBERÍA, HIDRANTES PRIVADOS Y MANGUERAS).
- VII. NFPA 15:2007 STANDARD FOR WATER SPRAY FIXED SYSTEMS FOR FIRE PROTECTION. (ESTÁNDAR PARA SISTEMAS FIJOS DE ROCIADORES DE AGUA PARA PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO).
- VIII. NFPA 20:2007 STANDARD FOR THE INSTALLATION OF STATIONARY PUMPS FOR FIRE PROTECTION. (ESTÁNDAR PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS CONTRAINCENDIO ESTACIONARIAS).
- IX. NFPA 24:2007. STANDARD FOR THE INSTALLATION OF PRIVATE FIRE SERVICE MAINS AND THEIR APPURTENANCES. (ESTÁNDAR PARA LA INSTALACIÓN DE REDES PRIVADAS PARA EL SERVICIO CONTRAINCENDIO Y SUS EQUIPOS).
- X. NFPA 25:2002 STANDARD FOR THE INSPECTION, TESTING AND MAINTENANCE OF WATER-BASED FIRE PROTECTION SYSTEMS. (ESTÁNDAR PARA LA INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO A BASE DE AGUA).
- XI. NFPA-30-2008 FLAMMABLE AND COMBUSTIBLE LIQUIDS CODE (CLASIFICACIÓN DE LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES)
- XII. NRF-010-PEMEX-2004: "ESPACIAMIENTOS MÍNIMOS Y CRITERIOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES INDUSTRIALES EN CENTROS DE TRABAJO DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS".
- XIII. NRF-015-PEMEX-2008: "PROTECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.
- XIV. NRF-016-PEMEX-2010 "DISEÑO DE REDES CONTRAINCENDIO (INSTALACIONES TERRESTRES)"
- XV. NRF-050-PEMEX-2007: "BOMBAS CENTRÍFUGAS".
- XVI. NRF-116 PEMEX-2007: "MATERIAS PRIMAS CONTRAINCENDIO: POLVOS QUÍMICOS Y LÍQUIDOS ESPUMANTES".



DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CONTRAINCENDIO PARA UNA
INSTALACIÓN PETROLERA



- XVII. NRF-125-PEMEX-2005. SISTEMAS FIJOS CONTRAINCENDIO: CÁMARAS DE ESPUMA.
- XVIII. NRF-128-PEMEX-2007: "REDES DE AGUA CONTRAINCENDIO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES TERRESTRES. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS".
- XIX. API RP 2001 FIRE PROTECTION IN REFINERIES
- XX. API RP 2021 MANAGEMENT OF ATMOSPHERIC STORAGE TANKFIRES
- XXI. API RP 2218 FIREPROOFING PRACTICES IN PETROLEUM AND PETROCHEMICAL PROCESSING PLANTS
- XXII. API STD 2510 DESIGN AND CONSTRUCTION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG) INSTALLATIONS
- XXIII. API PUBL 2510A FIRE PROTECTION CONSIDERATIONS FOR THE DESIGN AND OPERATION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG) STORAGE FACILITIES
- XXIV. NORMA PE-SHI-018 SISTEMAS DE AGUA CONTRA INCENDIOS PARA INSTALACIONES PETROLERAS.
- XXV. G. HICKS TYLER; BOMBAS, SELECCIÓN Y APLICACIÓN; ED. CONTINENTAL, MÉXICO, 1976.
- XXVI. J. KARASSIK IGOR; BOMBAS CENTRÍFUGAS; ED. CECSA, MÉXICO, 1989.
- XXVII. MATAIX CLAUDIO; MECÁNICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRÁULICAS; ED. HARPER, MÉXICO, 1979.
- XXVIII. VIEJO ZUBICARAY MANUEL; BOMBAS, TEORÍA, DISEÑO Y APLICACIÓN; ED. LIMUSA, MÉXICO, 2003.
- XXIX. TESIS, SELECCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO PARA UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA.
- XXX. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS EN UNA INSTALACION INDUSTRIAL LUIS ANGEL FERNANDEZ MARTIN ,SEPTIEMBRE DE 2008
- XXXI. NOM-002-STPS-2000. CONDICIONES DE SEGURIDAD, PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO
- XXXII. REGLAMENTO FEDERAL DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 21 DE ENERO DE 1997 ACLARACIÓN DOF 28-01-1997
- XXXIII. CATALOGO ELECTRONICO DEL SOFTWARE ITT [HTTP://WWW.ACIREPUMP.COM/](http://www.acfirepump.com/)



“Por mi raza hablará el espíritu”