



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**PROYECTO DE RED DE AGUA CONTRA INCENDIO DE LA
ESTACION DE COMPRESION CHILAPILLA**

JOSE MANUEL OCHOA GALLEGOS

TRABAJO

**COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL DIPLOMA DE**

**ESPECIALISTA EN INGENIERIA
(SEGURIDAD DE INSTALACIONES INDUSTRIALES
DE EXPLOTACION PETROLERA)**

CIUDAD UNIVERSITARIA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



INDICE

	PAGINA
RESUMEN	5
CAPITULO 1.- ANTECEDENTES	6
1.1. ESTACIONES DE COMPRESION DE GAS	6
1.2. UBICACION DE LA ESTACION DE COMPRESION CHILAPILLA	7
1.3. PRODUCCION DEL ACTIVO INTEGRAL MACUSPANA	7
1.4. DESCRIPCION DE LA ESTACION DE COMPRESION CHILAPILLA	8
1.5. PROPIEDADES DEL GAS NATURAL QUE SE MANEJA	12
CAPITULO 2.- DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIO	13
2.1. GENERALIDADES	13
2.2. BASES DE DISEÑO	14
2.2.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	15
2.2.2. BOMBAS DE CONTRA INCENDIO	16
2.2.3. TUBERIAS	18
2.2.4. VALVULAS	20
2.2.5. HIDRANTES	20
2.2.6. MONITORES	21



5.4. CALCULO DE LA RED PROPUESTA	40
5.4.1. CALCULO DE LA VELOCIDAD Y CAIDA DE PRESION EN EL MONITOR	42
5.4.2. CALCULO DE LA VELOCIDAD Y CAIDA DE PRESION EN EL ANILLO	45
5.4.3. CALCULO DE LA VELOCIDAD Y CAIDA DE PRESION EN LA LINEA DE DESCARGA A-B	47
5.4.4. CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION POR FRICCION TOTAL	48
5.4.5. CALCULO DE LA CARGA DE BOMBEO TOTAL (H)	49
5.4.6. CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA EL BOMBEO	50
5.5. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO	52
CAPITULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
APENDICE	56
NOMENCLATURA	69
BIBLIOGRAFIA	70



RESUMEN

La Estación de Compresión Chilapilla es una instalación de Petróleos Mexicanos localizada a 10 km. de Ciudad Pemex, Tabasco, recibe gas dulce húmedo de los campos José Colomo y Chilapilla para comprimirlo con seis motocompresores y enviarlo a la presión requerida al Complejo Procesador de Gas Ciudad Pemex.

Actualmente cuenta con una red de agua para servicio de contra incendio que es inadecuada para atacar un siniestro en las Instalaciones, ya que la capacidad del equipo de bombeo no es la requerida para el riesgo mayor, además que el tanque elevado para almacenamiento de agua tampoco tiene la capacidad para este tipo de instalaciones.

El objetivo de este trabajo es proponer una solución eficaz y económica que cumpla con los lineamientos y recomendaciones de los códigos NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION) y de las normas de Petróleos Mexicanos.

En el capítulo 1 se da una descripción general de la operación de la Estación de Compresión Chilapilla. En el capítulo 2 se dan las bases que rigen el diseño de redes de agua para contra incendio. En el capítulo 3 se dan los criterios y las fórmulas empleadas. El capítulo 4 presenta un análisis de la red actual. El capítulo 5 contiene las alternativas de solución y el proyecto propuesto.

Todas las tablas que se emplean durante el cálculo, se agruparon en el Apéndice.



CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1. ESTACIONES DE COMPRESION DE GAS

Las estaciones de compresión son instalaciones diseñadas para elevar la presión del gas proveniente de pozos o de otras instalaciones, a valores requeridos de operación para ser transferidos; de aquí que son de vital importancia en las actividades de explotación, transportación y distribución de hidrocarburos gaseosos. Para su operación cuenta básicamente con: separadores, trampas de diablos, motocompresores y/o turbocompresores, enfriadores, trampas neumáticas, válvulas de seccionamiento, válvulas de seguridad, calentadores, etc.

Con el paso de los años los pozos productores de gas experimentan un agotamiento del yacimiento y una declinación natural de su presión de descarga; como ejemplo se puede mencionar el caso de un pozo que inicia su operación con una producción de 20 MMPCD y una presión de descarga de 1500 PSIG y que fluye a una instalación cuya presión de entrada es de 1000 PSIG, al tercer año de estarse explotando los valores de producción del pozo disminuyen a 18 MMPCD y 1200 PSIG, al sexto año disminuyen a 16 MMPCD y 1000 PSIG, de tal forma que llega un momento en que su presión de descarga ha disminuido tanto (debajo de 1000 PSIG) que ya no es suficiente para que su producción sea incorporada al sistema de recolección de gas que fluía inicialmente. La industria petrolera hace uso de los motocompresores y/o de los turbocompresores para succionar la producción de los pozos con bajas presiones de descarga, comprimir el gas y elevar su presión a los valores requeridos para que su producción pueda ser incorporada a los procesos correspondientes. En lo anterior radica la importancia que tienen las Estaciones de Compresión de Gas para Petróleos



Mexicanos, ya que hacen posible que se continúe explotando la producción de pozos que por condiciones naturales han declinado en sus presiones de descarga.

1.2. UBICACION DE LA ESTACION DE COMPRESION CHILAPILLA

La estación de compresión Chilapilla se encuentra ubicada aproximadamente a 10 Km. al norte de la población de Ciudad Pemex, municipio de Macuspana, Estado de Tabasco. Pertenece al Activo Integral Macuspana.

1.3. PRODUCCION DEL ACTIVO INTEGRAL MACUSPANA

El Activo Integral Macuspana consta de campos productores de gas dulce húmedo y de gas dulce seco, además de una mínima producción de aceite. Los campos productores de gas húmedo son: José Colomo, Chilapilla y Hormiguero. Los campos productores de gas seco son: Usumacinta, Almendro, Bitzal, Cantemoc, Cobo, Xicalango y Tepetitán. La producción de aceite se obtiene de los campos Vernet, Shishito, Cafeto, Chonel, Fortuna Nacional y José colomo. La producción actual promedio es de 100 MMPCD de gas húmedo, 60 MMPCD de gas seco y 5200 Bls/día de aceite.

La producción total de gas dulce húmedo se envía al Complejo Procesador de Gas de Ciudad Pemex para su conversión a gas dulce seco. La presión requerida en las líneas de llegada de gas húmedo a la petroquímica es de 700 PSIG. Debido a que en las condiciones actuales de explotación los pozos del campo Chilapilla y del campo Hormiguero no tienen energía propia suficiente para fluir al Complejo Procesador a 700 PSIG, se construyó la Estación de Compresión Chilapilla para elevar la presión del gas de los pozos mencionados al valor requerido.



1.4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACION DE COMPRESIÓN CHILAPILLA

La estación maneja gas dulce húmedo y está integrada por seis motocompresores compuestos de motores de combustión interna acoplados a compresores reciprocantes, que emplean como combustible el mismo gas natural que reciben de los pozos.

Los motocompresores son marca "Cooper Bessemer" modelo GMVA-8 de 1100 HP de potencia c/u, cuatro de ellos, con capacidad de 5 MMPCD c/u, son llamados de baja presión y manejan en gas del campo Chilapilla. Los otros dos, con capacidad de 10 MMPCD c/u, son llamados de alta presión y manejan el gas del campo Hormiguero.

Se les llama de baja presión debido al servicio, ya que succionan el gas a 150 PSIG y en 2 pasos de compresión lo descargan a 700 PSIG; en el primer paso utilizan 2 compresores para elevar la presión de 150 a 330 PSIG y en el segundo paso un tercer compresor la eleva de 330 a 700 PSIG.

Se les llama de alta presión porque succionan el gas a 450 PSIG y en un solo paso de compresión lo descargan a 700 PSIG, utilizando dos compresores.

Cada motocompresor cuenta para su arranque con dos motores neumáticos, los cuales son accionadas también con gas natural.

La estación cuenta con válvulas generales de seccionamiento en las líneas de entrada y salida de gas y con una línea de desfogue al quemador interconectada a los cabezales de succión y de descarga, de tal forma que en caso de ser necesario el gas atrapado en la estación puede ser enviado al quemador.

La Figura No. 1 muestra un diagrama de flujo del gas dentro de la estación de compresión Chilapilla. Cuenta con dos líneas generales de llegada de gas y una línea de descarga. Por la línea de llegada de baja presión recibe el gas del campo Chilapilla a 250 PSIG y 90 °F, se regula la presión a 150 PSIG, se efectúa la separación de gas



y condensados y posteriormente el gas entra a un cabezal general de succión de baja que alimenta a los 4 motocompresores de baja (los No. 1, 2, 3 y 4). Después de ser comprimido hasta 700 PSIG y una temperatura de 257 °F el gas pasa a los enfriadores y de allí al cabezal general de descarga.

Por la línea de llegada de alta presión recibe el gas del campo Horniguero a 500 PSIG y 90 °F, se regula la presión a 450 PSIG, se efectúa la separación de gas y condensados y posteriormente el gas entra a un cabezal general de succión de alta que alimenta a los 2 motocompresores de alta (los No. 5 y 6). Después de ser comprimido hasta 700 PSIG y a una temperatura de 257 °F el gas pasa a los enfriadores y de allí al cabezal general de descarga.

El condensado separado en los procesos mencionados es enviado al Complejo Procesador de Gas a través de una trampa neumática que utiliza gas de descarga de los motocompresores para impulsar el condensado.

Para el arranque y operación de los motocompresores se toma gas del cabezal de descarga, se regula la presión, se separa y envía a un cabezal de gas de arranque y a un cabezal de gas combustible, de donde se alimenta a los seis motocompresores.

Los seis motocompresores tienen instalados válvulas de relevo tanto en la descarga como en la succión del gas, las cuales tienen su alivio interconectado al cabezal de desfogue al quemador, además cuentan con los siguientes dispositivos de protección:

- a).- Por baja presión de succión
- b).- Por alta presión de descarga.
- c).- Por baja presión de aceite lubricante
- d).- Por alta temperatura de agua de enfriamiento
- e).- Por vibración.

En la Estación de Compresión Chilapilla labora personal las 24 horas del día; en el turno de 0 a 8 hrs. y en el de 16 a 24 hrs. labora el siguiente personal.



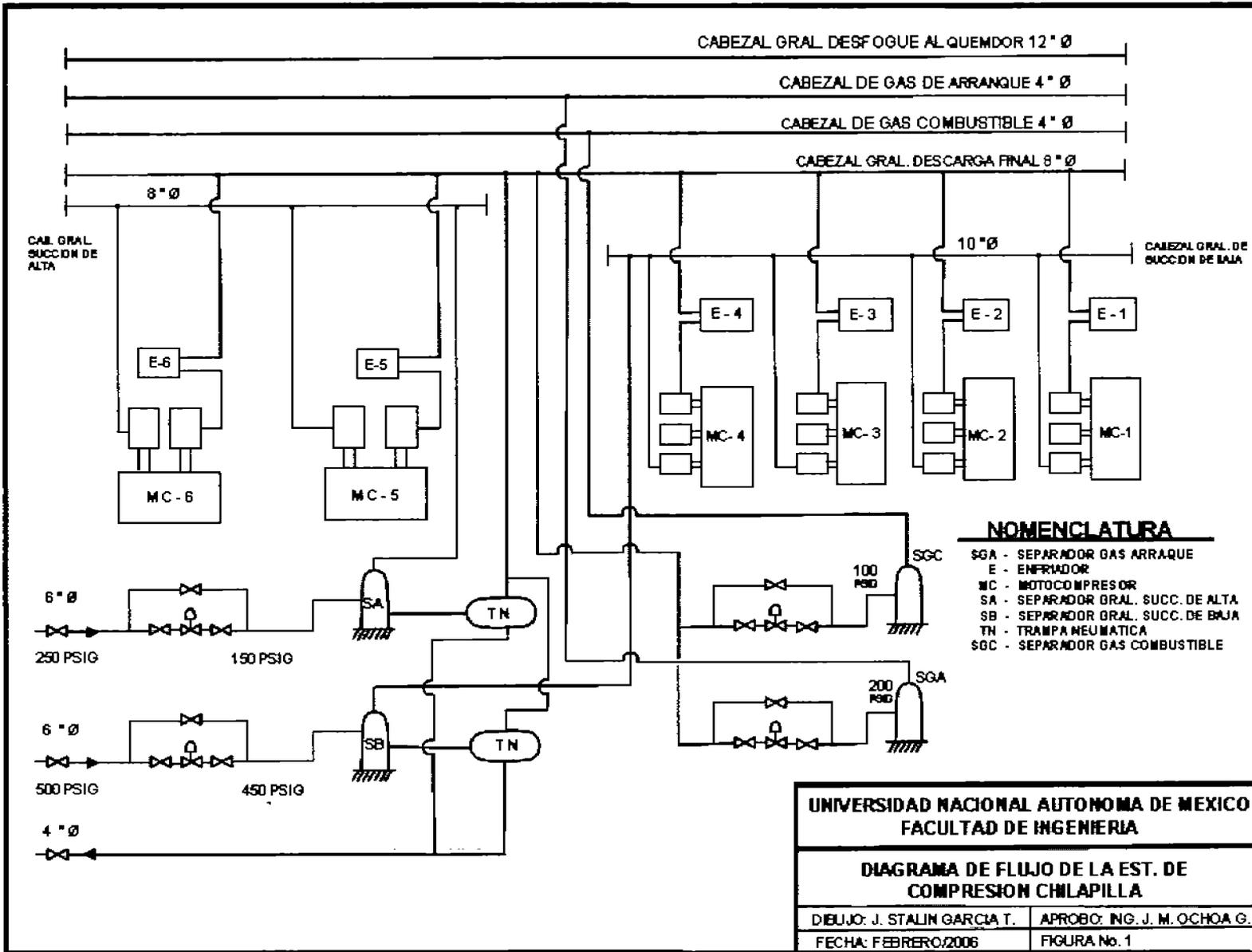
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

- 1 Operario Especialista de Plantas de Compresión.
- 1 Operario de Segunda de Plantas de Compresión.
- 1 Ayudante de Operación de Plantas de Compresión.

En el turno de 8 a 16 hrs., además del antes mencionado, labora el siguiente personal:

- 1 Ingeniero
- 1 Cabo de Oficios
- 1 Operario. Especialista de Combustión Interna.
- 1 Ayudante de Operario. Especialista de Combustión Interna
- 1 Operario Especialista Diversos Oficios
- 1 Ayudante de Operario. Especialista Diversos Oficios.
- 1 Operario Especialista Instrumentista
- 1 Ayudante de Operario Especialista Instrumentista
- 1 Obrero





1.5. PROPIEDADES DEL GAS NATURAL QUE SE MANEJA

* Temperatura de Ignición:	900 - 1170 °F
* Límites de Inflamabilidad:	
Inferior:	3.8 - 6.5%
Superior:	13 - 17%
*Gravedad específica:	0.652 (Aire=1.0)
*Aire necesario para quemar 1 pie ³ de gas:	9.2 - 10.2 pie ³
* Licuables:	31.40 Bls /10 ⁶ pie ³
* Poder calorífico neto:	26 BTU/Pie ³
* Peso molecular:	18.88



CAPITULO 2

DISEÑO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIO

2.1 GENERALIDADES

Una red de agua para contra incendios es un arreglo de tubería, válvulas, monitores y demás equipos instalados en edificios, plantas industriales, etc. para suministrar el agua requerida para protección de la vida humana y la preservación de la propiedad en la lucha contra el fuego.

El diseño de sistemas específicos puede variar considerablemente, dependiendo de la naturaleza del riesgo, los propósitos básicos de protección y del criterio de cada diseñador. Por esto, dos diseños aún siendo diferentes pueden ser igualmente efectivos; un diseño correcto permitirá que una emergencia se combata de forma eficaz.

El presente trabajo, en cuanto a sus bases de diseño, está enfocado a la industria de los hidrocarburos, sin embargo, todos estos conceptos son aplicables a otras industrias. El diseño de redes hidráulicas para la industria que maneja hidrocarburos requiere de consideraciones de varios factores importantes; los requerimientos del sistema hidráulico, de la selección de bombas y de la distribución de la red deben ser establecidos.

Muchos incendios son resultado de explosiones dentro de la unidad de proceso. De estas explosiones se proyectan despojos que frecuentemente causan fuegos secundarios en los equipos adyacentes. El establecer correctamente los requerimientos de agua es fundamental para un buen diseño de la red de agua contra incendio.



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

No es necesario que todo el equipo esté protegido con sistemas de aspersores. Como ejemplo de estas condiciones tenemos: recipientes que pueden depresionarse a control remoto; estructuras, tuberías y recipientes que tienen recubrimiento aislante.

Cabe hacer la pregunta, ¿Cuándo se deben seleccionar sistemas de aspersores y cuándo usar monitores? Los sistemas de aspersores se emplean cuando los riesgos de incendio son tan elevados que requieren una aplicación inmediata de agua, sin depender de la reacción humana.

Los materiales recomendadas por la Norma Pemex No. 2.431.01 para la construcción de redes para agua de servicio de contra incendio se muestra en la Tabla No. 1 del Apéndice.

2.2 BASES DE DISEÑO

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

- a).- Requerimiento de agua
- b).-Tiempo que se debe mantener el suministro
- c).- La presión de descarga que debe tener el agua en la salida de los hidrantes o monitores más alejados nunca debe ser menor de 100 PSIG (7 Kg/cm² Manométrica)

Estas 3 condiciones se determinan de acuerdo con las dimensiones de la instalación y siempre contra el riesgo mayor.



La cantidad de agua requerida se determina en base al tipo e intensidad del incendio probable, al tipo de protección que se desee proporcionar y en mucho en base a la experiencia y a datos de requerimientos de agua de empresas similares.

Para grandes áreas proyectadas por muchos sistemas adyacentes, puede no ser necesario basar el cálculo de los requerimientos de agua en todos los sistemas operando simultáneamente; en esos casos, el máximo requerimiento debe ser determinado por agregar el caudal requerido para cualquier sistema a los caudales para los sistemas adyacentes. La suma mayor determinada de considerar todas las combinaciones lógicas debe ser usada, es razonable suponer que un incendio ocurrirá en una unidad solamente y que las posibilidades de incendios simultáneos en varias plantas son muy remotas.

2.2.1 Sistema de Abastecimiento de Agua

Se debe contar con una fuente de abastecimiento de agua que garantice suministrar la cantidad de agua apropiada a los riesgos a combatir; existen dos tipos:

a).-Fuentes primarias: tal como ríos, lagos, fuentes naturales, pozos o servicios municipales.

b).-Fuentes secundarias: Tal como tanques elevados o presa de almacenamiento.

La fuente primaria debe tener capacidad suficiente para asegurar un suministro continuo. Por esta razón es recomendable que en instalaciones de proceso dicha fuente sea capaz de suministrar 150% del gasto total necesario para satisfacer el riesgo mayor de la instalación durante un periodo de 8 horas mínimo.

Cuando no se cuente con una fuente primaria permanente de abastecimiento de agua, la instalación debe contar con un tanque elevado o con una presa de almacenamiento, con capacidad suficiente para almacenar el agua necesaria para



combatir el incendio mayor durante el tiempo apropiado. Las normas Pemex AI-1 y la No. 2.431.01 dictan lo siguiente: "En lugares donde no se tienen líquidos inflamables o materiales combustibles que produzcan fuego persistente, la capacidad de almacenamiento debe ser suficiente para que las bombas operen durante 30 minutos sin interrupción; para áreas de instalaciones industriales, el almacenamiento debe ser suficiente para que las bombas operen durante un periodo de 5 horas".

NOTA: Para instalaciones de producción terrestre en campo, como son casa de compresores y batería de separadores que es el caso del presente trabajo, la Norma Pemex No. 01.1.08 dicta lo siguiente: "la fuente secundaria de abastecimiento debe tener capacidad de almacenamiento del agua necesaria para combatir el incendio mayor que pueda presentar en la instalación durante el lapso de una hora".

2.2.2. Bombas de Contra Incendio

En las redes de agua contra incendio que requieran estar presionadas por bombas estacionarias, se instalarán dos bombas, una accionada por motor eléctrico y la otra por cualquier otro medio de accionamiento, tal como motor de combustión interna, turbinas de vapor, etc.

Las bombas deberán ser del tipo centrífugo; cuando sean horizontales de preferencia de caja bipartida; cuando se requieran se podrán instalar tipo turbina vertical.

Las bombas horizontales deben ser usadas cuando el nivel mínimo de succión está arriba del eje de la bomba {NFPA 20 (3-1.2)}.

Las bombas horizontales de caja bipartida deben tener las siguientes características: proporcionar el 150% del gasto total cuando la presión de descarga sea como mínimo el 65% de la descarga total; cuando el gasto sea cero, la presión desarrollada no debe exceder del 140% de la carga total requerida {NFPA 20 (3-2.1)} (ver Figura No. 2).



Las bombas de turbina vertical deben tener las siguientes características: proporcionar el 150% del gasto total cuando la presión de descarga sea como mínimo el 65% de la carga total; cuando el gasto sea cero, la presión desarrollada no debe exceder del 140% de la carga total requerida {NFPA 20 (4-1.3)} (ver Figura No. 2).

Cuando se utilicen motores de combustión interna para mover las bombas, éstos deben tener una potencia de por lo menos 20% arriba de la máxima potencia requerida por la bomba a la velocidad de régimen.

El tanque de combustible de los motores de combustión interna acoplados a bombas contra incendio deberá tener capacidad al menos igual a un galón por HP más 5% del volumen por expansión y 5% del volumen por el cárter. [NFPA 20 (8-4.3)].

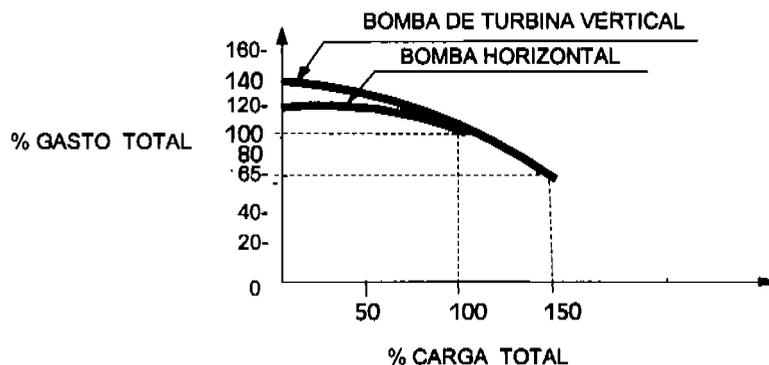


FIGURA No. 2.- CURVA CARACTERÍSTICA DE BOMBAS CONTRA INCENDIO

Para bombas horizontales de caja bipartida, el tubo de succión de la bomba y/o bombas será del diámetro necesario para que con todas las bombas operando al



150% del gasto total, la carga de succión neta positiva (NPSH) disponible en la brida de succión de la bomba sea cuando menos de 0 PSI [NFPA 20 (2-9.3)].

Los diámetros mínimos para la tubería de succión y para la tubería de descarga de las bombas, recomendados por la NFPA [NFPA 20 (TABLA 2-20)] y por la Norma Pemex No. 2.431.01, se indican en la Tabla No. 2 del Apéndice.

Cuando no se tenga una carga positiva en la succión, como en aquellos casos en que se debe extraer el agua de pozos profundos, ríos, etc., se recomienda usar bombas tipo turbina vertical, debiendo tener en cuenta que los impulsores de la bomba deben colocarse abajo del nivel dinámico. Para instalación en pozos profundos, el segundo impelente de la parte inferior de la bomba debe estar sumergido cuando menos 10 Pies (3 m) debajo del nivel existente de agua cuando se bombea el 150% del caudal nominal¹ [NFPA 20 (4-2.2.1)]. Para instalación en bocatomas, el segundo impelente de la parte inferior de la bomba debe estar sumergido más abajo del nivel inferior de la apertura para el suministro de agua a la fosa donde se localiza la bomba [NFPA 20 (4-2.2.2)].

2.2.3. Tuberías

En áreas fuera de instalaciones industriales, áreas de acceso y en lugares donde el clima lo permite, la tubería se podrá instalar superficialmente o en trincheras poco profundas cubiertas con rejillas; en áreas de instalaciones industriales, o lugares donde la temperatura ambiente baje de 0 °C, se debe enterrar a una profundidad mínima de 2-1/2 Pies (0.76 m). Tuberías en caminos de tránsito deben ser enterradas mínimo a 3 Pies (0.91 m) y tuberías que pasen debajo de vías de ferrocarriles a un mínimo de 4 Pies (1.21 m) (NFPA 24 (8-1.1)). La profundidad debe ser medida del nivel superior del tubo al nivel de piso terminado.



Se recomienda que la red de agua de contra incendio no tenga conexión para alimentar ninguna otra red de agua; el agua contra incendio debe ser exclusiva para este uso.

En las instalaciones de proceso y en sus áreas de almacenamiento se debe procurar que la red de agua contra incendio forme anillos, debiéndose instalar válvulas de seccionamiento superficiales en lugares que permitan aislar secciones del sistema de tubería cuando haya necesidad de efectuar reparaciones o ampliaciones [NFPA 24 (A-7.1)].

El diámetro mínimo que se deberá usar para las redes de agua contra incendio, es de 6 pulgadas, aunque se trate de ramales que abastezcan un sólo hidrante [NFPA 24 (7.6.1)].

La norma Pemex AI-1 dicta además que el diámetro de la tubería deberá aumentarse progresivamente a medida que los ramales abastezcan mayor número de hidrantes conforme se aproximen a las bombas de alimentación de la red, de acuerdo con las siguientes reglas:

- a).- Los ramales ciegos sólo pueden alimentar un hidrante si su longitud es mayor de 492 Pies (150 m), serán de tubo por lo menos de 8 pulgadas de diámetro.
- b).- Los anillos que contengan 2 hidrantes serán de tubo de 8 pulgadas por lo menos, si su longitud es de mas de 1640 Pies (500 m).
- c).- Los anillos que contengan 3 hidrantes serán por lo menos de tubo de 8 pulgadas de diámetro cuando su longitud sea mayor de 984 Pies (300m).
- d).- Los anillos que contengan 4 o más hidrantes serán por lo menos de tubo de 8 pulgadas diámetro.



e).- Los anillos que contengan 8 o más hidrantes serán de tubos de 10 pulgadas de diámetro.

f).- Ningún anillo contendrá mas de 12 hidrantes.

2.2.4. Válvulas

Las válvulas pueden instalarse a la intemperie o en registros.

Todas las válvulas de seccionamiento deben de compuerta y de vástago ascendente; no se permite el uso de válvulas de globo debido a la excesiva caída de presión que producen.

Para facilitar la reparación de la bomba y/o válvula de retención sin necesidad de sacar de servicio a la red contra incendio debe instalarse una válvula de compuerta de vástago ascendente en la descarga de la bomba, después de la válvula de retención.

Se deben instalar válvulas de seccionamiento en cada fuente de alimentación, ramal o anillo.

Las redes de contra incendio deben tener válvulas de seccionamiento en puntos apropiados para permitir seccionar el sistema en caso de rupturas, reparaciones o ampliaciones [NFPA 24 (3-5.1)].

2.2.5. Hidrantes

Los hidrantes deben ser diseñados para que a 100 PSIG (7 Kg/cm² Manométrica) por cada toma proporcionen los siguientes gastos:

a).- Tomas de 1-1/2" Ø proporcionen 100 GPM (378 LPM)



b).- Tomas de 2-1/2" Ø proporcionen 250 GPM (946 LPM)

Las pérdidas a través del hidrante no deben ser mayores de 2 PSIG (0.14 Kg/cm² Manométrica) al estar trabajando con su gasto máximo.

En aquellas instalaciones donde se disponga de poco personal o de limitados abastecimientos de agua, podrán colocarse en las válvulas de los hidrantes adaptadores a rosca NSHT de 1-1/2" Ø con el objeto de poder usar mangueras de esta dimensión.

En las áreas de instalaciones de proceso y almacenamiento de productos altamente inflamables, los hidrantes se deben colocar a una distancia entre 98 y 164 Pies (30 y 50 m). En áreas de almacenamiento de productos inflamables a una distancia no mayor de 328 Pies (100 m.) En áreas de edificios administrativos, oficinas y almacenes de productos no inflamable a una distancia entre 246 y 295 Pies (75 y 90 m).

Los hidrantes deben localizarse rodeando la planta, de tal forma que en una emergencia en cualquier lugar de la planta, pueda ser combatida cuando menos por dos direcciones distintas [NFPA 24 (4-2.1)].

2.2.6. Monitores

Los monitores deben diseñarse para que a 100 PSIG (7 Kg/cm² manométrica) cada uno proporcione el gasto requerido de acuerdo a las instalaciones de proceso:

a).- Para procesos de refinación 500 GPM (1893 LPM)

b).- Para procesos de petroquímica 1000 GPM (3785 LPM)

Los monitores se deben colocar de acuerdo al alcance que tengan con chorro y niebla, a distancias adecuadas para proteger los equipos de mayor riesgo.



CAPITULO 3

GUIA PARA EL CALCULO DE REDES DE AGUA CONTRA INCENDIO

3.1. CRITERIOS DE CALCULO

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

- a).- La presión disponible en el hidrante o monitor de localización más desfavorable será de 100 PSIG (7 Kg/cm² Manométrica) operando el sistema al 100% de su capacidad.

- b).- El gasto total proporcionado será suficiente para alimentar la cantidad de mangueras, monitores y cualquier otro sistema contra incendio que deba emplearse simultáneamente para combatir el incendio de riesgo mayor existente en la instalación.

- c).- El tubo succión de la bomba debe tener el diámetro necesario para que pueda circular por él, 150% del gasto total con una velocidad máxima de 5 Pies/seg (1.52 m/seg)

- d).- Para seleccionar el diámetro de la tubería de anillos y líneas de descargas de redes contra incendio que manejan agua dulce, se recomiendan como valores apropiados de velocidad del agua de 6 a 12 Pies/seg (1.83 a 3.65 m/seg) para evitar caídas de presión excesivas. Para redes de agua contra incendio que manejan exclusivamente agua salada, se debe considerar una velocidad de 4 a 8 Pies/seg (1.22 a 2.44 m/seg.)



3.2. METODO DE CALCULO.

Hay varios métodos de cálculo hidráulicos que producen resultados satisfactorios para redes de agua contra incendio; existe la necesidad, sin embargo, de utilizar un método que sea uniforme para los cálculos hidráulicos a fin de obtener simplicidad y una correlación consistente entre los sistemas calculados.

3.2.1. Teorema de Bernoulli

El cálculo de redes de tubería para agua para el servicio de contra incendio se basa como todo flujo de fluidos en el teorema de Bernoulli, que se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$Z_1 + \frac{144 P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2g} + H = Z_2 + \frac{144 P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L \quad (\text{ECUACION 1})$$

Donde:

Z_1 = Altura geométrica del fluido en el punto 1, en Pies de fluido.

Z_2 = Altura geométrica del fluido en el punto 2, en Pies de fluido.

P_1 = Presión en el punto 1, en Lb/Pulg² Manométrica (PSIG)

P_2 = Presión en el punto 2, en Lb/Pulg² Manométrica (PSIG)

ρ_1 = Densidad del fluido en el punto 1, en Lb/Pie³

ρ_2 = Densidad del fluido en el punto 2, en Lb/Pie³

V_1 = Velocidad de flujo en el punto 1, en Pies/seg.



V_2 = Velocidad de flujo en el punto 2, en Pies/seg.

H = Carga total añadida por bombas, etc., en Pies de fluido.

h_L = Pérdida de carga de presión debido a la fricción, en Pies de fluido.

g = Aceleración de la gravedad = 32.2 Pies/seg^2

$\frac{V^2}{2g}$ = Presión de velocidad, en Pies de fluido

$\frac{144 P}{\rho}$ = Altura piezométrica, en Pies de fluido

Nótese que en el teorema de Bernoulli todos los términos individuales de presión o altura se expresan en Pies de fluido.

3.2.2. Velocidad media del flujo en tuberías

$$V = \frac{0.408 Q}{d^2} \quad \{\text{ECUACIÓN 2}\}$$

Donde:

V = Velocidad del flujo, en Pies/seg

Q = Caudal del flujo, en GPM

d = Diámetro interno de la tubería, en pulgadas.



En la Tabla No. 3 del Apéndice se pueden localizar los diámetros de las tuberías comerciales de acero forjado.

3.2.3. Pérdidas por fricción en la tubería

La NFPA recomienda que el cálculo de pérdidas por fricción en tuberías que conducen agua sea determinado por la siguiente ecuación empírica, conocida como la fórmula de Hazen y Williams:

$$\Delta P = \frac{452 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \quad \text{\{ECUACIÓN 3\}}$$

Donde:

ΔP = Pérdidas de presión por fricción, en PSIG/100 Pies lineales de tubería.

Q = Caudal de agua, en GPM

C = Coeficiente de fricción de Hazen y Williams

d = Diámetro interior de la tubería en pulgadas.

El valor del coeficiente de fricción C de Hazen y Williams depende del material del tubo, los años de uso y del tipo de agua empleada, la Tabla No. 4 del Apéndice es una guía para la estimación de C.

Hay que tomar en cuenta que la ecuación de Hazen y Williams esta desarrollada para caídas de presión en tubo recto, así que para los accesorios y válvulas debe determinarse la longitud equivalente a tramo recto de tubería de cada uno de ellos de acuerdo a la Tabla No. 5 del Apéndice y sumarse a la longitud real de tubería. En dicha tabla los valores de longitud equivalente están dados en diámetros de tubería



(L/D), donde L representa la longitud equivalente en Pies y D el diámetro interior de tubería en Pies.

La solución de los problemas relacionados con la protección contra incendios referentes a caudales y fricciones, pocas veces, si acaso, requieren el cálculo directo de fórmulas. La Tabla No. 6 del Apéndice da los valores de ΔP cuando $C = 100$ para dimensiones de tubería normalizada desde 1/2 pulgadas hasta 30 pulgadas de diámetro; para otros valores de C distintos de 100, las pérdidas indicadas en la Tabla No. 6 se multiplican por el factor correspondiente que aparece en la Tabla No. 4.

3.2.4. Potencia de la bomba.

$$bhp = \frac{Q H \rho}{247\,000 e} \quad \text{\{ECUACIÓN 4\}}$$

Donde:

Q = Caudal de agua, en GPM

H = Carga total de bombeo, en Pies columna de agua (C.A).

ρ = Densidad del agua, en Lb/pie³

e = Eficiencia de la bomba

bhp = Potencia al freno, en HP.

El valor de la densidad del agua para diversas temperaturas se puede localizar en la Tabla No. 7 del Apéndice.



CAPITULO 4

ANALISIS DE LA RED ACTUAL DE AGUA CONTRA INCENDIO

4.1 DESCRIPCION GENERAL

La Estación de Compresión Chilapilla cuenta actualmente con una red de agua contra incendio para proteger las instalaciones en caso de algún siniestro. En este capítulo se pretende hacer un análisis de dicha red y mostrar aspectos por los cuales sería ineficiente su operación en el ataque de un incendio en la instalación; afortunadamente no se le ha requerido hasta la fecha, debido a que no ha existido ningún conato de incendio.

La Figura No. 3 es un plano a escala de la Estación de Compresión Chilapilla, en el que se muestra la localización del equipo y la distribución actual de la red general de agua contra incendio. La Figura No. 4 muestra un diagrama de la red de contra incendio.

Casi paralelo a un costado de estación, en promedio a una distancia de 60 Pies (20 m) de la cerca, corre el río Chilapilla, este río desemboca al mar y aún en época de estiaje fluye con un caudal que garantiza un suministro permanente de agua, como nos lo muestran sus características principales:

- a).- Ancho del río: 164 Pies (50 m)
- b).- Nivel de agua máximo ordinario (Name): 29.82 Pies (9.09 m) S.N.M.
- c).- Nivel de agua máximo extraordinario (Name): 32.09 Pies (9.78 m) S.N.M.

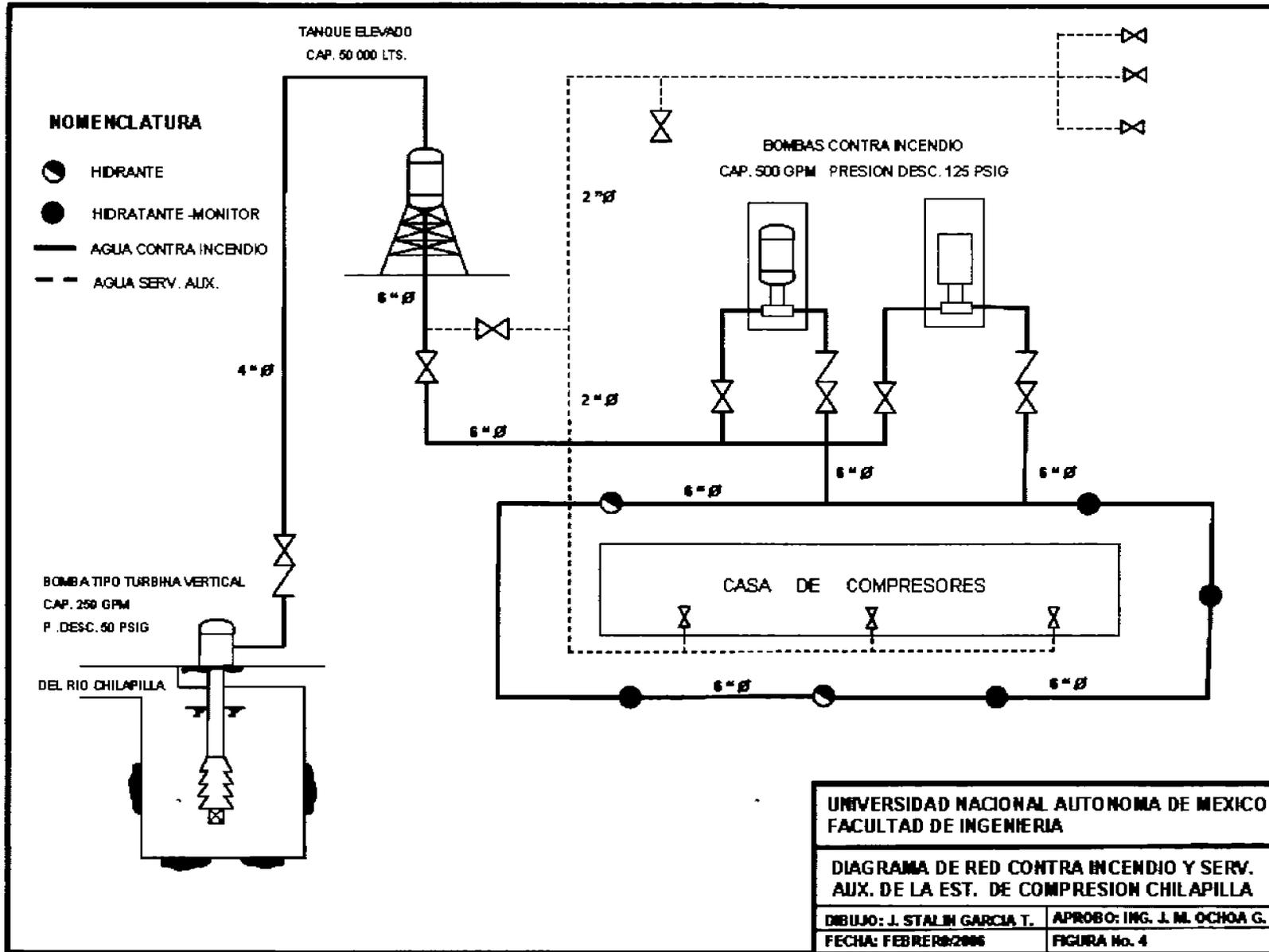


d).- Nivel mínimo de agua 28.18 Pies (8.59 m) S.N.M.

El sistema actual tiene como fuente primaria al río Chilapilla y como fuente secundaria un tanque elevado de capacidad de 13210 galones (50 000 Lts.)

A la orilla del río existe una bocatoma que cuente con rejillas a la entrada del agua para evitar el paso de sólidos y además tiene una fosa de almacenamiento, en donde está instalada una bomba tipo turbina vertical que tiene capacidad de 250 GPM (946 LPM) con una carga de 115 Pies C.A. (50 PSIG), su motor es eléctrico.

La bomba tipo turbina vertical envía el agua hasta el tanque elevado a través de una tubería de 4"Ø. Del tanque elevado se alimenta el agua por una tubería de 6" Ø a la succión de dos bombas horizontales tipo caja bipartida con capacidad nominal c/u de 500 GPM (1893 LPM) con una carga de 298 Pies C.A. (129 PSIG). Una de las bombas tiene motor eléctrico y la otra tiene motor de combustión interna; de tal forma que el sistema está diseñado para que la bomba con motor de combustión interna opere únicamente como relevo en caso de falla de la bomba con motor eléctrico; ambas bombas pueden ser aisladas por separado en caso de requerirse alguna reparación, ya que cuenta con válvula de seccionamiento en la línea de succión y de válvula de retención seguida de una válvula de seccionamiento en la línea de descarga.





La línea de descarga de c/u de las bombas horizontales es de 6" Ø y se conectan directamente a un anillo también de 6" Ø. La tubería que forma el anillo está enterrada y rodea a la casa de compresores y al área de separadores y trampas neumáticas de condensados. La casa de compresores es tipo cobertizo con un faldón a los costados que impide la entrada del agua de lluvias pero que a la vez mantiene a los motocompresores al aire libre, de tal forma que en caso de un siniestro se les puede aplicar agua desde el exterior por el uso monitores y/o de mangueras conectadas a los hidrantes.

En el anillo se encuentran instalados cuatro hidrantes con monitor y dos hidrantes normales. Los hidrantes con monitor tienen, además del monitor, una toma para manguera de 2-1/2" Ø y una toma para manguera de 1-1/2" Ø. Los hidrantes normales tienen una toma para manguera de 2-1/2" Ø y una toma para manguera de 1-1/2" Ø. Las boquillas de los monitores instalados son de 500 GPM (1892 LPM).

Una cosa importante de hacer notar, es que el tanque elevado que suministra agua a la red de contra incendio, a la vez es usado para proporcionar agua para servicios auxiliares.

Además del equipo hasta aquí descrito, la Estación de Compresión Chllapilla cuenta con extinguidores portátiles estratégicamente localizados para ser usados en alguna emergencia.

4.2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

La capacidad del tanque elevado que funciona como fuente secundaria es inadecuada, ya que al requerirse en un incendio los 500 GPM que proporciona la bomba a plena carga, el agua almacenada en dicho tanque se consumiría en tan sólo 26 minutos, que no cumple con el requerimiento mínimo de una hora marcado por la norma Pemex No. 01.1.08 para este tipo de instalaciones.



Además, la bomba tipo turbina vertical tardaría aproximadamente 53 minutos en llenar nuevamente el tanque elevado y aún cuando se pusiera a operar al mismo tiempo que la bomba horizontal, estando el tanque lleno y operando ambas bombas a la vez, aproximadamente a los 52 minutos quedaría el tanque completamente vacío y únicamente se contaría con los 250 GPM suministrados por la bomba tipo turbina vertical para combatir el incendio.

El problema de la capacidad inadecuada del tanque elevado se agudizaría durante una falla en el suministro de energía eléctrica o del motor de la bomba tipo turbina vertical de la fuente primaria.

4.3. REQUERIMIENTO DE AGUA PARA COMBATIR EL RIESGO MAYOR.

Haciendo un análisis de riesgos en la Estación de Compresión Chilapilla, se concluye que el riesgo mayor sería un incendio en el área de los motocompresores ocasionado por una fuga de gas y la presencia simultánea de una fuente de ignición.

Los incendios de gas ocurridos en el área de compresores y demás instalaciones, se confinarán sin extinguirlos totalmente, hasta que se tenga controlada la fuente de suministro de dicho gas, para evitar una explosión o re-ignición de consecuencias más desastrosas que el propio incendio.

Debido a que un incendio de gas no es conveniente extinguirlo por las razones ya mencionadas, se recomienda que se proporcione el agua requerida para proteger a los equipos expuestos, de tal forma que se limite la cantidad de calor absorbido por los mismos a cantidades que eviten la formación de depósitos de carbón en sus superficies y se les proteja a la vez de posibles fallas de los materiales por la elevación de la temperatura.

Cada conjunto motocompresor enfriador tiene aproximadamente 2000 Pies² (185.8 m²) de área



que podría quedar expuesta en un incendio. Tomando como base que el estándar 15 de la NFPA indica que para propósitos de protección a la exposición de recipientes se les debe de aplicar agua a sus superficies en cantidades no menores a 0.25 GPM/pie² (10.2 LPM/m²), el caudal de agua requerido para proteger a un motocompresor sería de 500 GPM (1892.7 LPM).

Como lo apropiado es que al existir un incendio en uno de los equipos, se protejan también a la vez los dos equipos adyacentes, entonces la cantidad total de agua requerida al presentarse un siniestro sería de 1500 GPM (5678 LPM).

Además, debido a que la mayor parte del día únicamente se encuentra 3 personas en la estación, el suministro de los 1500 GPM daría la opción de poder atacar el incendio por el uso de 3 monitores (debido a su rapidez y facilidad de operación); ó de otra forma y para poder alcanzar las partes obstruidas con 2 monitores y 3 mangueras de 1-1/2" Ø; ó ya con la presencia de suficiente personal capacitado hacer uso de las mangueras de 2-1/2" Ø.

Como la Estación de Compresión Chilapilla queda a 10 Km. de Ciudad Pemex, donde se cuenta con una estación de bomberos que labora las 24 horas del día, su presencia en la estación sería en un tiempo relativamente corto.

4.4. BOMBAS CONTRA INCENDIO

Del análisis realizado en el punto anterior se concluye que las bombas actualmente instaladas no son de la capacidad adecuada, para combatir un siniestro en la instalación se requiere una bomba que suministre 1500 GPM (5678 LPM) al 100% de la carga total.



4.5. RED DE DISTRIBUCION DE AGUA

Las anomalías que se encuentran en la red de distribución de agua son las siguientes:

- a).- El anillo no tiene válvulas de seccionamiento que permitan aislarlo en secciones, de tal forma que de ser necesario alguna reparación en la tubería o en los hidrantes, la estación quedaría totalmente desprotegida.

- b).- La red de agua para el servicio de contra incendio no debe tener conexión para alimentar ninguna otra red, y en este caso se está alimentando a la red de agua para servicios auxiliares.



CAPITULO 5

PROYECTO PROPUESTO

En el análisis efectuado en el capítulo 4 se detectaron aspectos que harían ineficiente la red actual de agua contra incendio en el ataque de un siniestro en la estación de compresión Chilapilla. Estos son:

- a).- Capacidad de almacenamiento insuficiente del tanque elevado, ya que únicamente provee agua para 26 minutos de operación de la bomba contra incendio.
- b).- Capacidad inadecuada de la bomba contra incendio (500 GPM), ya que según el análisis efectuado, se requiere un mínimo de 1500 GPM (5678 LPM) para combatir el riesgo mayor.
- c).- El anillo de distribución de agua no tiene válvulas de seccionamiento que faciliten las reparaciones sin sacar de operación toda la red.
- d).- La red de contra incendio alimenta a la vez a la red de agua para servicios auxiliares, lo que podría ocasionar que en un siniestro el tanque elevado no estuviera lleno.

Para corregir estas anomalías se proponen las siguientes alternativas.

5.1. ALTERNATIVA No. 1

Dejar las bombas horizontales instaladas donde se encuentran (ver Figura No. 3), pero cambiarlas por bombas de capacidad de 1500 GPM, lo que nos haría necesario un tanque con capacidad mínima de almacenamiento de 90 000 galones (340 687



Lts.) para cumplir con el suministro de 1 hora que es el tiempo mínimo que indica la Norma Pemex No. 01.1.08 para fuentes secundarias.

Lo anterior también haría necesario otra bomba tipo turbina vertical, ya que con la capacidad de la bomba actual (250 GPM), se tardaría 6 hrs. en llenar el tanque de almacenamiento de agua.

5.2. ALTERNATIVA No. 2

Dejar la bocatoma actual con su bomba tipo turbina vertical de 250 GPM y el tanque elevado de 13 210 galones (50 000 Lts.) únicamente para alimentar la red de agua para servicios auxiliares.

Construir otra bocatoma a un lado de la existente donde se instalan dos bombas tipo turbina vertical con capacidad c/u de 1500 GPM, una accionada por motor eléctrico y otra accionada por motor de combustión interna, de esta forma, el río Chilapilla que garantiza un suministro permanente de agua, funcionaría como fuente única de abastecimiento, no siendo ya necesario la construcción de otro tanque elevado.

La red de contra incendio operaría independientemente, y al anillo de distribución de agua se le instalarían válvulas de seccionamiento para garantizar una operación continua de la red en caso de reparaciones.

Además, se aconsejaría que debido al poco personal que permanece en la estación la mayor parte del día, todas las salidas para agua que se instalen sean del tipo hidrante con monitor.

5.3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

Haciendo un análisis de las alternativas anteriores, se concluye que la alternativa No. 2 es la que presenta las mayores ventajas, restaría verificar a través del cálculo y



de un análisis si el anillo de distribución de agua de 6"Ø existente, después de instalarle las válvulas de seccionamiento y monitores, es adecuada para operar con la nueva capacidad de bombeo (1500 GPM).

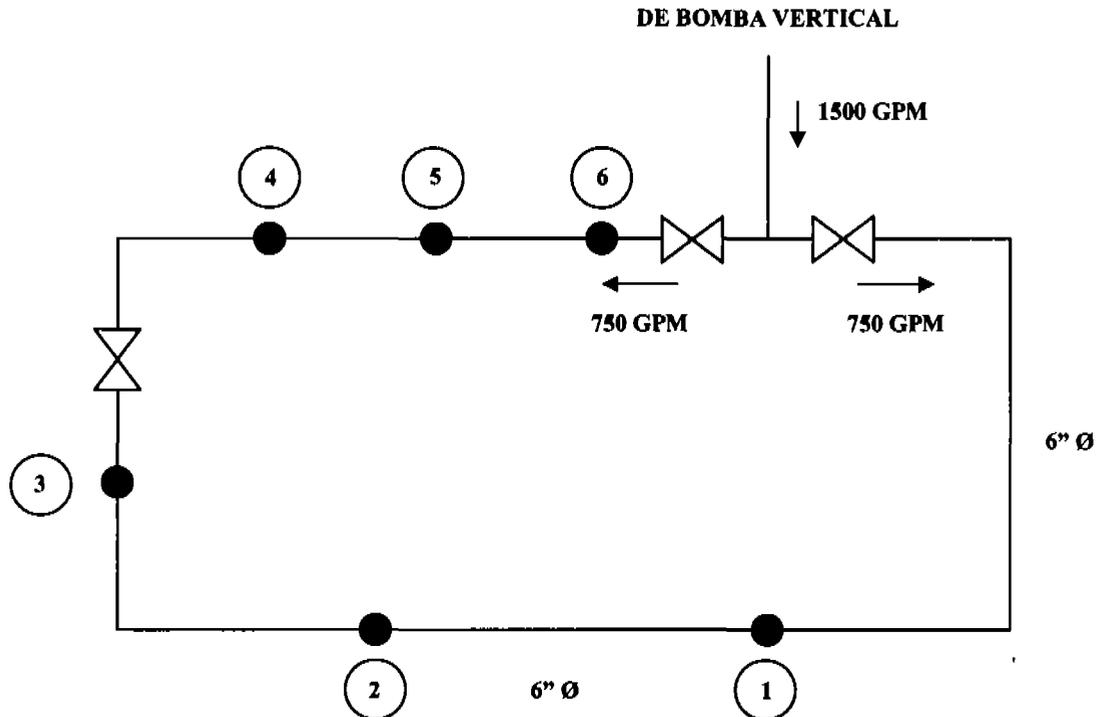


FIGURA No. 5.- ESQUEMA DE LA RED DE ACTUAL CON VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y NUEVA ALIMENTACIÓN.

La Figura No. 5 muestra un esquema del anillo de 6"Ø existente, con válvulas de seccionamiento y considerando que su alimentación sería por la nueva línea de las bombas verticales de 1500 GPM. La situación más desfavorable para atacar el riesgo mayor sería cuando se operen los monitores 2, 3 y 4. Operando el anillo sin fallas, se puede considerar que el gasto total se distribuye como se muestra en el esquema; pero podría darse el caso que al presentarse un incendio alguna parte del anillo estuviera tapado o bien en reparación lo cual obligaría a que los 1500 GPM circularan



por la parte del anillo que esté en condiciones de operación. Es por esta probable situación que se recomienda hacer el cálculo del anillo para el gasto total de bombeo.

No obstante del análisis anterior y a fin de verificar la mejor alternativa, se efectuó el cálculo total de la red para anillos de 6" y 8" de diámetro, con caudales de 750 y 1500 GPM circulando por el anillo. La Figura No. 6 muestra un cuadro resumen de los principales resultados obtenidos.

Obsérvese que con anillo de 6"Ø, circulando 1500 GPM en el anillo, el agua alcanza una velocidad de 16.63 Pies/seg., la cual está fuera de los límites recomendados; esta velocidad trae como consecuencia excesivas caídas de presión, por lo que se necesitaría un motor de 250 HP, el cual es 100 HP mayor del que se requiere para un anillo de 8"Ø con 1500 GPM.

Por lo antes dicho, no es conveniente dejar en operación la red actual contra incendio con anillo de 6"Ø. Además, de la Figura No. 3 se puede observar que los monitores e hidrantes 4, 5 y 6 se encuentran demasiado cerca de la red de cabezales y de los enfriadores, y como los vientos reinantes soplan en esta dirección, en un incendio se haría difícil el uso de dichos monitores e hidrantes. Otra de las razones sería que el anillo de 6"Ø no cumple con la Norma Pemex AI-1, la cual dice que los anillos que contengan 4 o más hidrantes serán por lo menos de tubo de 8"Ø.



CON ANILLO DE:	VELOCIDAD EN EL ANILLO (PIES/SEG)	ΔP EN EL ANILLO (PSIG/100 PIES)	hL TOTAL (PIES C.A.)	H (PIES C.A.)	bhp (HP)
8"Ø 750 GPM	4.80	0.760	25.87	271.1 6	126. 03
8"Ø 1500 GPM	9.60	2.740	66.97	312.2 6	145. 14
6"Ø 750 GPM	8.31	2.894	54.93	305.9 5	143. 98
6"Ø 1500 GPM	16.63	10.435	198.06	449.0 8	134. 8

FIGURA No 6.- CUADRO RESUMEN PARA LA RED CONTRA INCENDIO CON DIFERENTES ANILLOS.



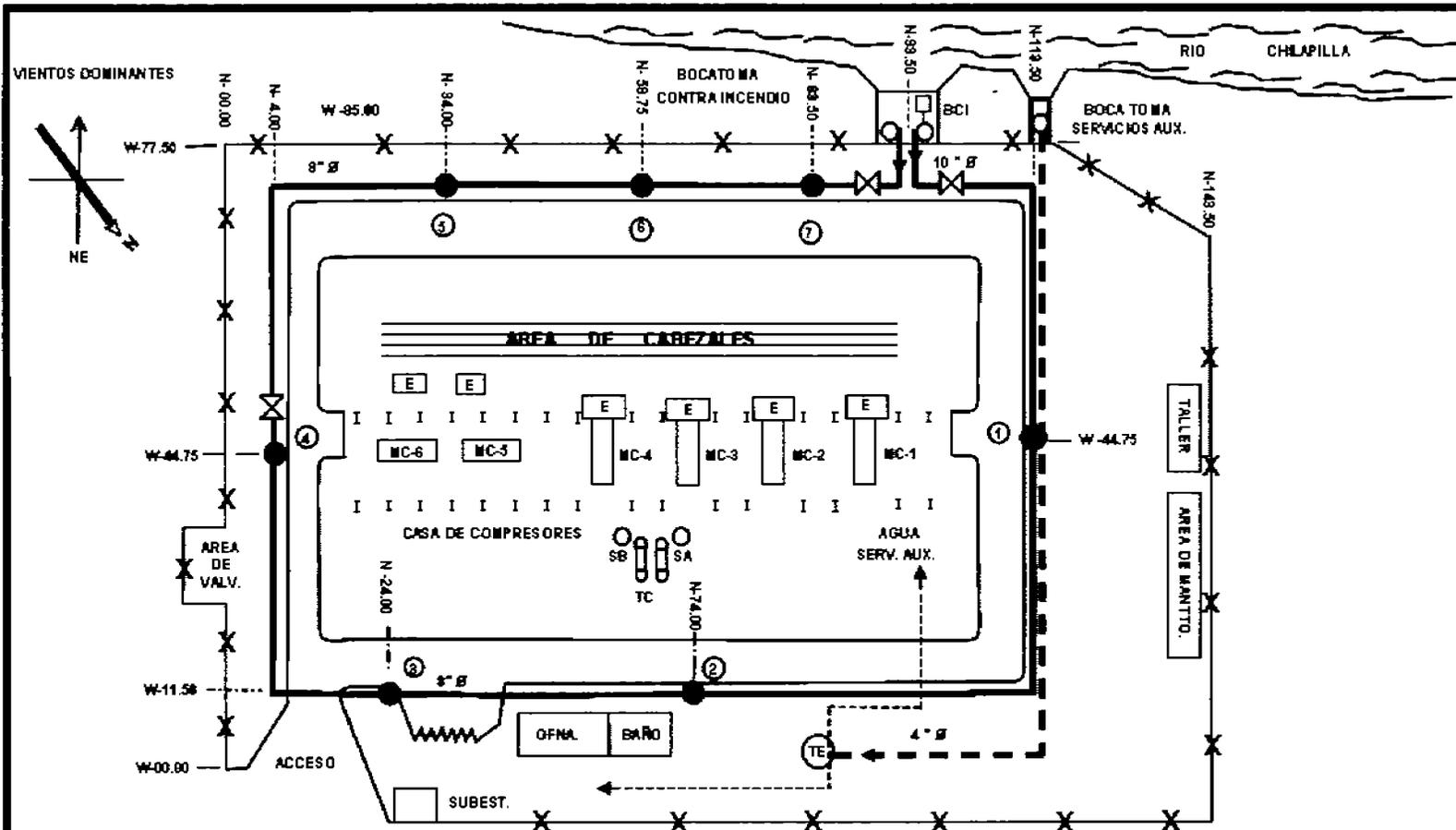
En el siguiente punto se detalla el cálculo de la red contra incendio que se propone en este proyecto.

5.4. CALCULO DE LA RED PROPUESTA

La Figura No. 7 muestra en un plano a escala la red contra incendio que se propone. La Figura No. 8 presenta un isométrico de la misma red.

Las condiciones y los criterios que se emplearán en este cálculo son:

- a).- La velocidad máxima permisible para la línea de descarga y el anillo será de 10. Pies/seg.
- b).- El cálculo se hará para un gasto total de 1500 GPM.
- c).- Las pérdidas a través de monitores e hidrantes no deben ser mayores de 2 PSIG.
- d).- Se instalarán hidrantes - monitores con 2 tomas de agua; una de 1-1/2"Ø (100 GPM) y una de 2 1/2"Ø (250 GPM); el monitor será de 500 GPM.
- e).- La presión mínima en hidrantes y monitores será de 100 PSIG.
- f).- Se emplearán las fórmulas descritas en el Capítulo No. 3. Para el uso de la Ecuación. de Hazen y Williams la NFPA recomienda que para tubos de acero forjado se emplee $C = 100$.
- g).- De la Tabla No. 7 del Apéndice se obtiene que la densidad del agua a 100°F (37.7°C) es de 61.996 Lb/Pie³.



NOMENCLATURA

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| MC - MOTOCOMPRESOR | BCI - BOMBA CONTRA INCENDIO |
| E - ENFRIADOR | TE - TANQUE ELEVADO |
| SA - SEPARADOR DE ALTA | ● - HIBRANTE MONITOR |
| SB - SEPARADOR DE BAJA | ○ - AGUA CONTRA INCENDIO |
| TC - TRAMPA NEUM. DE COND. | — - AGUA SERV. AUX. |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA	
RED PROPUESTA DE AGUA CONTRA INCENDIO DE LA ESTACION DE COMPRESION CHILAPILLA	
DEBILJO: J. STALIN GARCIA G.	APROBO: ING. JIM. OCHOA G.
FECHA: FEBRERO 2006	FIGURA No. 7



De la Figura No. 8 se puede observar que la situación más desfavorable para atender el riesgo mayor sería cuando se operen los monitores 3, 4 y 5, de donde el monitor 4 es el más alejado y a partir de este punto se comienza a calcular la red. La Figura No. 9 muestra un detalle de como deben ser instalados los hidrantes - monitores.

5.4.1. Cálculo de la velocidad y caída de presión en el monitor

Se considera la situación más crítica, que sería cuando se ocupen simultáneamente las dos tomas y el monitor; con esto el gasto sería de 850 GPM.

$$Q = 850 \text{ GPM}$$

$$C = 100$$

$$d = 6.065'' \text{ (Tabla No. 3)}$$

$$D = 0.5054 \text{ Pies (Tabla No. 3)}$$

De la Ecuación 2 (Capítulo 3)

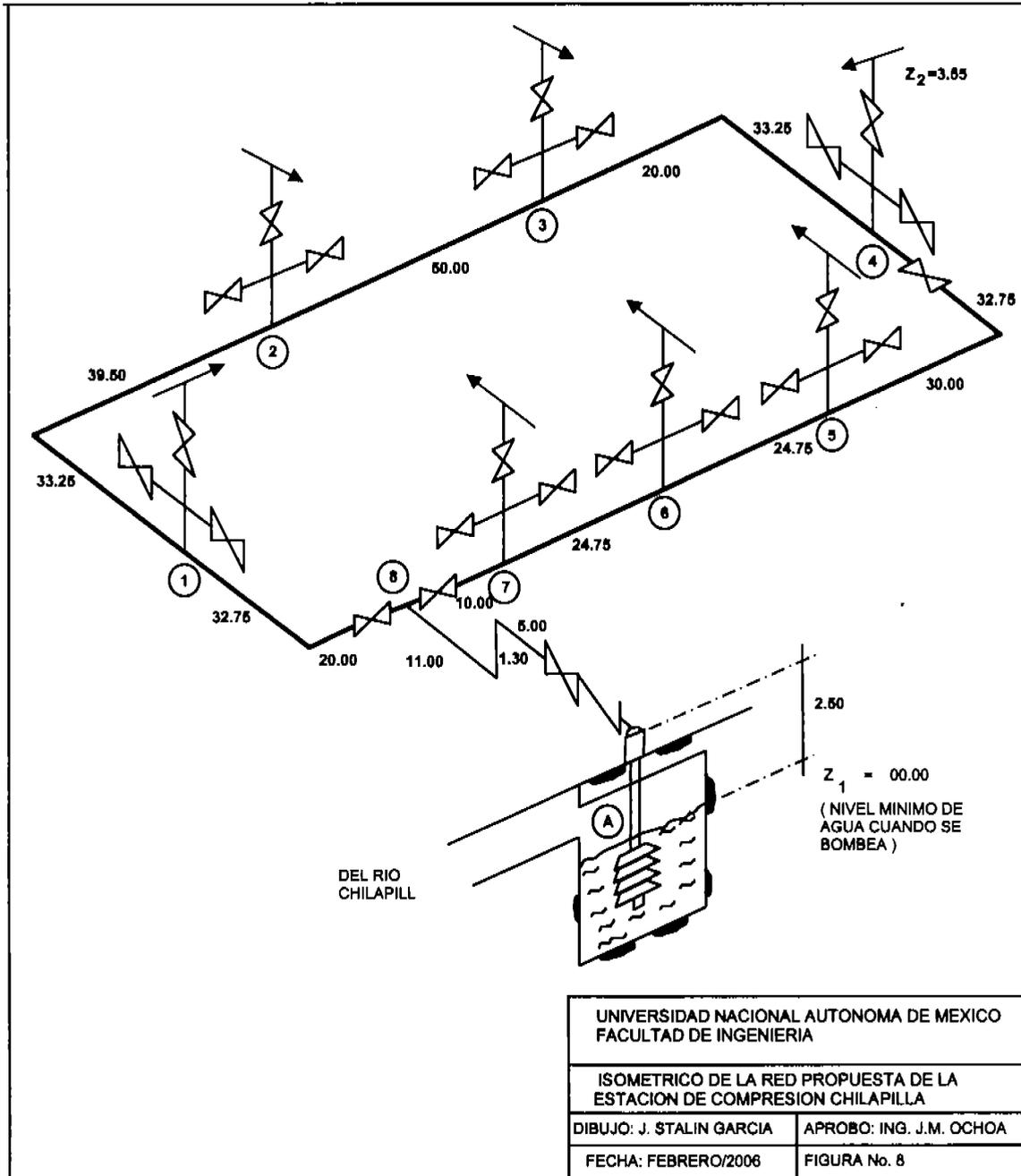
$$V = \frac{0.408 Q}{d^2}$$

$$v = 9.42 \text{ Pies/Seg.}$$

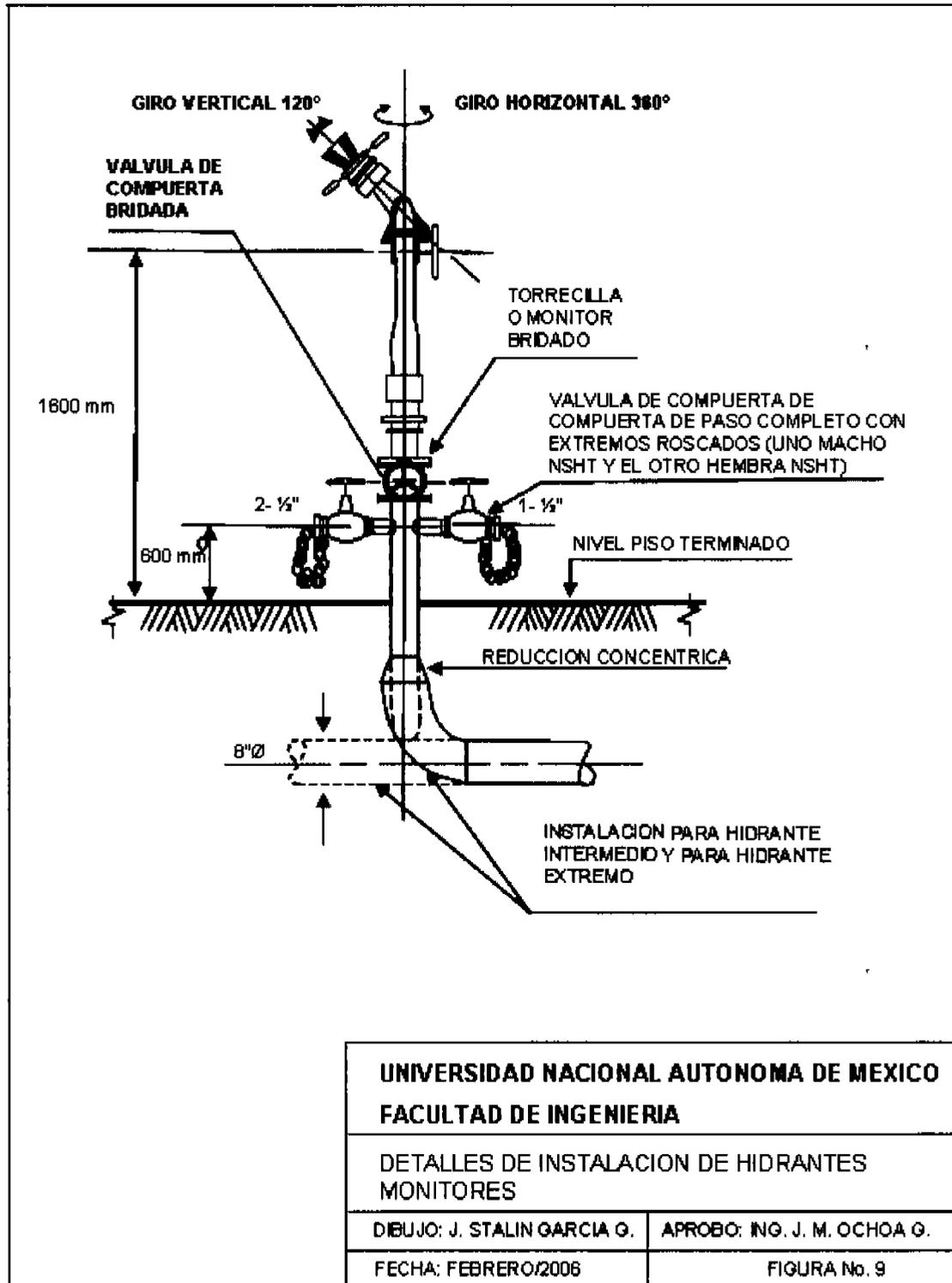
De la Ecuación 3 (Capítulo 3)

$$\Delta P = \frac{1.85}{C} \frac{452 Q}{d^{4.87}}$$

$$\Delta P = 3.649 \text{ PSIG/100 Pies}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA	
ISOMETRICO DE LA RED PROPUESTA DE LA ESTACION DE COMPRESION CHILAPILLA	
DIBUJO: J. STALIN GARCIA	APROBO: ING. J.M. OCHOA
FECHA: FEBRERO/2006	FIGURA No. 8





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

De la Figura No. 9 la longitud del tubo de 6"Ø es de 2.35 m (7.7 Pies), pero además hay una tee recta, una tee ramal y una válvula de compuerta, y la longitud equivalente de estos accesorios se determina de la Tabla No. 5.

<u>ACCESORIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>L/D</u>	<u>L/D TOTAL</u>
Tee recta	1	20	20
Tee ramal	1	60	60
Valv. de compuerta	1	13	13
			<hr/> 93

$$\text{Long. Equivalente} = D (L/D) = (0.5054) (93) = 47 \text{ Pies}$$

$$\text{Long. Total} = \text{Long. Equiv.} + \text{Long. real}$$

$$hL = \Delta P \times \text{Long. Total} = (3.649 \text{ PSIG}/100 \text{ Pies}) (54.71 \text{ Pies})$$

$$hL = \underline{1.99 \text{ PSIG} = 4.59 \text{ Pies C.A.}}$$

5.4.2. Cálculo de la velocidad y caída de presión en el anillo

$$Q = 1500 \text{ GPM} \quad d = 7.981" \text{ (Tabla No. 3)}$$

$$C = 100 \quad D = 0.6651 \text{ (Tabla No. 3)}$$



Aplicando la Ecuación 2: $v = 9.60$ Pies/Seg.

Aplicando la Ecuación 3: $\Delta P = 2.740$ PSIG/100 Pies

Para el cálculo de la longitud real se considera la distancia más larga que recorrería el agua para llegar al monitor 4, que sería la de la trayectoria B-1-2-3-4.

<u>ACCESORIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>L/D (TABLA No. 5)</u>	<u>L/D TOTAL</u>
Codo std. 90°	3	30	90
Tee recta	3	20	60
Tee Ramal	1	60	60
Valv. de Compuerta	1	13	13
			<hr/>
			223

Long. Equiv. = (D) (L/D) = (0.6651) (223) = 148.31 Pies

Long. Real = (20+ 32.75 +33.25+39.5+50+20+33.25) m

Long. Real =228.75 m = 750.49 Pies

Long. Total = long. Equiv. +Long. Real



$$\text{Long. Total} = 148.31 + 750.49 = 898.8 \text{ Pies}$$

$$hL = \Delta P \times \text{Long. Total} = (2.740 \text{ PSIG}/100 \text{ Pies}) (898.8 \text{ Pies})$$

$$hL = \underline{24.62 \text{ PSIG} = 56.87 \text{ Pies C.A.}}$$

5.4.3. Cálculo de la velocidad y la caída de presión en la línea de descarga A - B.

Aunque podría utilizarse tubería de 8"Ø, el diámetro nominal seleccionado para la línea de alimentación es de 10" porque es el diámetro de descarga que proporciona el fabricante para este tipo de bombas, y a la vez para cumplir con los diámetros que exige para las líneas de descarga la norma Pemex No. 2.431 01.

$$Q = 1500 \text{ GPM}$$

$$d = 10.02" \text{ (Tabla No 3)}$$

$$C = 100$$

$$D = 0.8350 \text{ Pies (Tabla No. 3)}$$

Aplicando la Ecuación 2:

$$v = \underline{6.09 \text{ Pies/seg}}$$

Aplicando la Ecuación 3:

$$\Delta P = 0.905 \text{ PSIG}/100 \text{ Pies}$$



<u>ACCESORIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>L/D (TABLA No. 5)</u>	<u>L/D TOTAL</u>
Codo std. 90°	3	30	90
Válvula de compuerta	1	13	13
Válvula de retención	1	135	135
			<hr/> 238

$$\text{Long. Equiv.} = (D) (L/D) = (0.8350) (238) = 198.73 \text{ Pies}$$

$$\text{Long. Real} = (2.5 + 5 + 1.3 + 11) \text{ M} = 19.8 \text{ m} = 64.96 \text{ Pies.}$$

$$\text{Long. Total} = \text{Long. Equiv} + \text{Long. Real}$$

$$\text{Long. Total} = 198.73 + 64.96 = 263.69 \text{ Pies.}$$

$$hL = \Delta P \times \text{Long. Total} = (0.905 \text{ PSIG}/100 \text{ Pies}) (263.60 \text{ Pies})$$

$$hL = 2.38 \text{ PSIG} = 5.51 \text{ Pies C.A.}$$

5.4.4 Cálculo de la Caída de Presión por Fricción Total

$$hL \text{ Total} = hL \text{ Monitor} + hL \text{ anillo} + hL \text{ Descarga}$$



$$hL \text{ Total} = (4.59 + 56.87 + 5.51) \text{ Pies C.A.}$$

$$\underline{hL \text{ Total} = 66.97 \text{ Pies C.A.}}$$

5.4.5. Cálculo de la Carga de Bombeo Total (H)

Del teorema de Bernoulli (Ecuación 1):

$$Z_1 + \frac{144 P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2g} + H = Z_2 + \frac{144 P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2g} + hL$$

Como $P_1 = P_{\text{Atm.}} = 0 \text{ PSIG}$;

$$V_1 = 0 ;$$

$$g = 32.2 \text{ Pies/Seg}^2$$

$$\rho_2 = \rho_1 = 61.996 \text{ LB/Pie}^3;$$

$$V_2 = V_{\text{Monitor}} = 9.42 \text{ Pies/Seg}^2$$

$$Z_1 = 0$$

$$Z_2 = 3.55 \text{ m} = 11.65 \text{ Pies C.A.}$$

$$hL \text{ Total} = 66.97 \text{ Pies C.A.}$$



$$P_2 = P_{\text{Monitor}} = 100 \text{ PSIG}$$

$$H = Z_2 + \frac{144 P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

$$H = 11.65 + \frac{(144)(100)}{61.996} + \frac{(9.42)^2}{(2)(32.2)} + 66.97$$

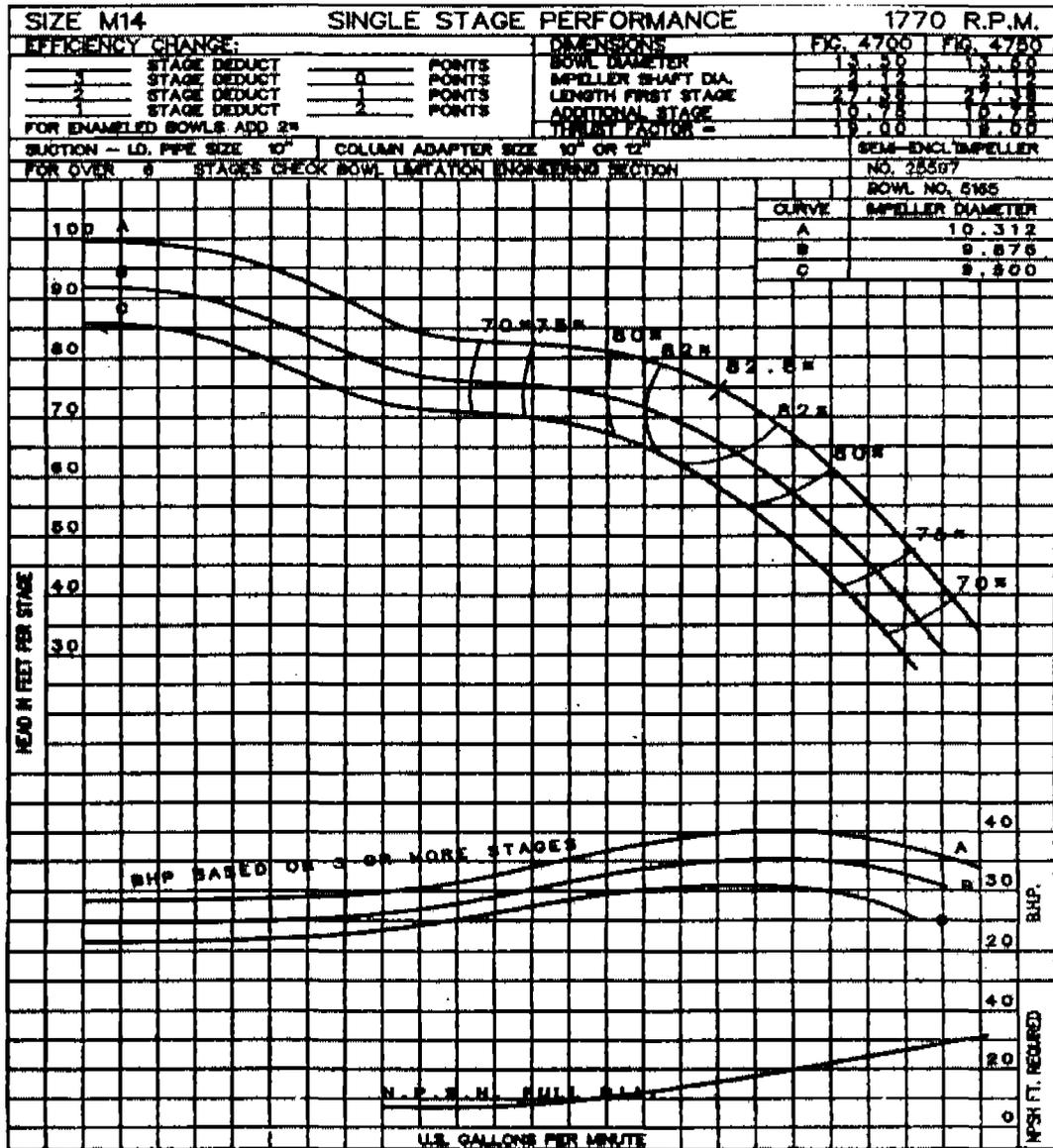
$$\underline{H = 312.26 \text{ Pies C.A.} = 135.2 \text{ PSIG}}$$

5.4.6. Cálculo de la Potencia Requerida para el Bombeo

La Figura No. 10, muestra las curvas características de operación de una bomba tipo turbina vertical marca Deming, además da información sobre el diámetro de los tazones, el diámetro del impelente, la longitud de cada paso de bombeo, el diámetro de la succión y el tamaño de la columna adaptadora.

Los datos referidos son para la bomba Modelo 4700, tamaño M-14.

En la Figura No. 10, teniendo como datos el caudal total de 1500 GPM y la carga total de 312.26 Pies. C.A., se determina que con 1500 GPM en un sólo paso de bombeo se manejan 80 Pies C.A. con un impelente de 10.312" de diámetro que corresponde a la curva "A", por tanto, para manejar los 312,26 Pies C.A. se requerirán 4 pasos de bombeo, operando la bomba con una eficiencia del 81%.



FUENTE: CATALOGO DE FABRICANTE DE BOMBAS MARCA DEMING.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA

CURVA CARACTERISTICA DE LA BOMBA TIPO TURBINA
 VERTICAL MARCA DEMING

DIBUJO: J. STALIN GARCIA G.

APROBO: ING. J. M. OCHOA G.

FECHA: FEBRERO/06

FIGURA No. 10



$$Q = 1500 \text{ GPM}; \quad H = 312.25 \text{ Pies C.A.} \quad \rho = 61.996 \text{ LB/Pie}^3$$

$e = 0.81$ (De curva característica de la bomba)

Aplicando la Ecuación 4:

$$\text{bhp} = \frac{Q H \rho}{247\,000 e}$$

$$\text{bhp} = 145.14 \text{ HP}$$

5.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Se deberán instalar en la bocatoma 2 bombas tipo turbina vertical lubricadas por agua, una impulsada por motor eléctrico y la otra por motor de combustión interna de diesel.

Una bomba centrífuga tipo turbina vertical tiene su flecha en posición vertical con impelentes giratorios suspendidos desde el cabezal de descarga de la bomba por una columna de tubo que funciona a la vez como adaptador a las profundidades requeridas y que sirve como soporte de la flecha y de los baleros.

Los requerimientos mínimos que deben de cumplir las bombas son proporcionar 1500 GPM con una carga de 312.26 Pies C.A., además de las características mencionadas en las bases de diseño.

La bomba usada como referencia en este trabajo, debe operar a 1770 RPM para suministrar el gasto y la carga requeridos y debe tener 4 pasos de bombeo con impelentes de 10.312" de diámetro. La longitud total de la columna adaptadora se determinará directamente en campo, dependiendo de la profundidad real a que sea necesario instalar la bomba.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

El motor eléctrico debe ser de corriente alterna tipo jaula de ardilla con capacidad nominal de 150 HP y que opere a 1800 RPM.

El motor de combustión interna debe ser diesel y debe tener como potencia mínima 175 HP operando a una velocidad de 1770 RPM.



CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- En base a los análisis desarrollados en los capítulos 4 y 5 se determinó que la red de agua contra incendio que actualmente está instalada en la Estación de Compresión Chilapilla es inadecuada para combatir un incendio en la instalación. Algunas de las causas son:

a).- Las bombas horizontales instaladas tienen capacidad tan sólo de 500 GPM, el riesgo mayor requiere un mínimo de 1500 GPM.

b).- Aún en las condiciones actuales (con bombas de 500 GPM), el tanque elevado que funciona como fuente secundaria tiene capacidad para suministrar agua únicamente por 36 minutos. Además, proporciona agua también para servicios auxiliares.

c).- Los monitores 4 y 6 y el hidrante 5 están muy cerca de la red de cabezales y enfriadores, y dado que los vientos dominantes soplan en esta dirección, sería muy difícil su empleo en un incendio (Figura No. 3).

6.2.- La solución propuesta consiste en construir una bocatoma a la orilla del Río Chilapilla, en la que se instalen 2 bombas tipo turbina vertical con capacidad de 1500 GPM cada una, que alimente por una línea de 10"Ø a un anillo nuevo de 8"Ø para la distribución del agua (ver. Figura No. 7).

6.3.- La bocatoma, la bomba tipo turbina vertical y el tanque elevado existentes quedan exclusivamente para suministrar agua para servicios auxiliares.

6.4.- Cuando se ataquen incendios de gas en casas de compresores, se deben aislar y controlar, sin extinguirlos totalmente hasta que se tenga controlada la fuente



de suministro de dicho gas, para evitar una explosión o re-ignición de consecuencias más desastrosas que el propio incendio.

6.5- Se recomienda que se elabore un plan de emergencia en casos de incendio en el que se detalle la secuencia de las acciones que se deben llevar a cabo para atenderlos. Además se recomienda la instalación de una alarma que pueda escucharse en toda la estación.

6.6.- Todo el personal que labore en la estación debe conocer el plan de emergencia, para lo que se recomienda que se pegue en lugares visibles y además cada determinado tiempo se efectúen simulacros.

6.7.- Es de suma importancia que el personal conozca que válvulas deben cerrarse para aislar la entrada de gas a la estación y cuáles deben abrirse para desfogar el gas entrampado hacia el quemador.

6.8.- Así que se debe 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 incendio llegue a otras áreas; posteriormente se procede a la extinción, después de tomar en cuenta todos los factores necesarios para hacerlo en forma segura y con un mínimo de daños a la instalación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

APENDICE



TABLA No..1
MATERIALES PARA REDES DE AGUA DE CONTRA INCENDIO

DESCRIPCION		DIAMETRO	ESPECIFICACION		
TUBO	EXTREMOS ROSCADOS	1 ½" 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	CON COSTURA CED. 20	ASTM – A53 GR. B	
	NIPLES	2 ½" (NOTA 1)	SIN COSTURA CED. 80	ASTM – A53 GR. B	
VALVULAS	ROSCADAS	COMPUERTA (CUÑA SOLIDA)	1 ½" Y MENORES	150 # SWP, RSIS, UB	ASTM – B62
		COMPUERTA (DOBLE DISCO)	1 ½" Y 2 ½" (NOTA 1)	300 # RSIS, UB, ROSCA HEMBRA NPT Y ROSCA MACHO NSHT (CON TAPON CACHUCHA Y CADENA)	ASTM – B61
		ANGULO	1 ½" Y 2 ½" (NOTA 1)	300 # SWP, RSIS, UB	ASTM – B61
		RETENCION (TIPO COLUMPIO)	1 ½" Y MENORES	200 # TAPA ROSCADA	ASTM – B62 INTERIORES DE BRONCE CON NIQUEL
		RETENCION (TIPO PISTON)	1 ½" Y MENORES (NOTA 3)	150 # TAPA ROSCADA	ASTM – B62 INTERIORES DE BRONCE CON NIQUEL
	BRIDADAS	COMPUERTA (CUÑA SOLIDA)	2" Y MAYORES	150 # RF, OS & Y, BB	ASTM – 216 GR. WCB INTERIORES DE ACERO INOXDABLE 13% CROMO AISI 410
		RETENCION (TIPO COLUMPIO)	2" Y MAYORES	150 # RF, BC	ASTM – 216 GR. WCB INTERIORES DE ACERO INOXDABLE 13% CROMO AISI 410
BRIDAS	CUELLO SOLDABLE	2" Y MAYORES	150 # RF	ASTM – A105	
CONEXIONES	ROSCADAS	1 ½" Y MENORES	2000 # TUERCA UNION CON ASIENTO DE ACERO CONTRA BRONCE	ASTM – A105 GR II	
	COPLES ROSCADOS	1 ½" Y MENORES	3000 # TUERCA UNION CON ASIENTO DE ACERO CONTRA BRONCE	ASTM – A105 GR II	
	SOLDABLES A TOPE	2" Y MAYORES	CEDULA DE ACUERDO A LA TUBERIA	ASTM – A234 GR. WBP	
JUNTAS		TODOS	ASBESTO COMPRIMIDO DE 1.5 MM (1/16") DE ESPESOR	ASTM – D1170	
TORNILLERIAS		TODOS	TORNILLOS MAQUINA DE CABEZA CUADRADA CON TUERCAS HEXAGONALES	ASTM – A307 GR. B ASTM – A194 GR. 2H	
UNIONES	DESMONTABLES PARA MANTENIMIENTO	1 ½" Y MENORES	TUERCA UNION		
		2" Y MAYORES	BRIDA		
	NORMAL	1 ½" Y MENORES	COPLES		
		2" Y	SOLDABLES A TOPE		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TABLA No.1 MATERIALES PARA REDES DE AGUA DE CONTRA INCENDIO		
DESCRIPCION	DIAMETRO MAYORES	ESPECIFICACION

NOTAS DE LA TABLA No. 1:

- 1) PARA USARSE EXCLUSIVAMENTE EN HIDRANTES
- 2) LIMITES DE OPERACIÓN: 20 KG/CM2 MANOMETRICOS Y 40°C
- 3) SOLO EN LINEAS HORIZONTALES
- 4) ABREVIATURAS:
 - SWP** PRESION DE OPERACIÓN CON VAPOR (STEAM WORKING PRESSURE)
 - RSIS** VASTAGO ASCENDENTE CON ROSCA INTERIOR (RISING STEM INSIDE SCREW)
 - UB** BONETE DE UNION ROSCADA (UNION BONNET)
 - NPT** ROSCA ESTANDAR PARA TUBERIA /NATIONAL PIPE THREAD)
 - NSHT** ROSCA ESTANDAR PARA CONEXIONES DE MANGUERAS (NATIONAL ESTÁNDAR HOSE THREAD)
 - OS & Y** YUGO CON ROSCA EXTERIOR (OUTSIDE SCREE AND YOKE)
 - BB** BONETE ATORNILLADO (BOLTED BONNET)
 - RC** TAPA ATORNILLADA (BOLTED CAP)
 - RF** CARA REALZADA –BRIDAS (RAISED FACE)



TABLA No. 2
DIAMETROS NOMINALES MINIMOS PARA LOS TUBOS DE
SUCCION Y DESCARGA DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.

DIAMETROS NOMINALES MINIMOS (PULG)

Capacidad Nominal de Bombeo GPM (LPM)	NFPA 2 - 20		NORMA PEMEX No. 2.431.01	
	SUCCION	DESCARGA	SUCCION	DESCARGA
250 (946)	3 ½	3	-	4
500 (1892)	5	5	-	6
750 (2839)	6	6	-	8
1000 (3785)	8	6	-	8
1500 (5677)	8	8	-	10
2000 (7570)	10	10	-	10
2500 (9462)	10	10	-	12



TABLA No. 3				
DATOS PARA TUBERIA COMERCIAL DE ACERO FORJADO				
MEDIDA NOMINAL DE LA TUBERIA (PULGADAS)	DIAMETRO EXTERIOR (PULG)	ESPESOR (PULG)	DIAMETRO INTERIOR (PULG)	
CEDULA 10	14	14	0.250	13.5
	16	16	0.250	15.5
	18	18	0.250	17.5
	20	20	0.250	19.5
	24	24	0.250	23.5
	30	30	.312	29.376
CEDULA 20	8	8.625	0.250	8.125
	10	10.75	0.250	10.25
	12	12.75	0.250	12.25
	14	14.00	0.312	13.376
	16	16.00	0.312	15.376
	18	18.00	0.312	17.376
	20	20.00	0.375	19.250
	24	24.00	0.375	23.25
	30	30.00	0.500	29
CEDULA 30	8	8.625	0.277	8.071
	10	10.75	0.307	10.136
	12	12.75	0.330	12.09
	14	14	0.375	13.25
	16	16	0.375	15.25
	18	18	0.438	17.124
	20	20	0.500	19.00
	24	24	0.562	22.876
	30	30	0.625	28.75
CEDULA 40	1/8	0.405	0.068	0.269
	1/4	0.540	0.088	0.364
	3/8	0.675	0.091	0.493
	1/2	0.840	0.109	0.622
	3/4	1.050	0.113	0.824
	1	1.315	0.133	1.049
	1 1/4	1.660	0.140	1.380
	1 1/2	1.900	0.145	1.610
	2	2.375	0.154	2.067
	2 1/2	2.875	0.203	2.469
	3	3.500	0.216	3.068
	3 1/2	4.00	0.236	3.548
	4	4.500	0.237	4.025
	5	5.563	0.258	5.047
6	6.625	0.280	6.065	



TABLA No. 3

DATOS PARA TUBERIA COMERCIAL DE ACERO FORJADO

MEDIDA NOMINAL DE LA TUBERIA (PULGADAS)	DIAMETRO EXTERIOR (PULG)	ESPESOR (PULG)	DIAMETRO INTERIOR (PULG)	
	8	8.625	0.322	7.981
	10	10.75	0.365	10.02
	12	12.75	0.406	11.938
	14	14.00	0.438	13.124
	16	16.00	0.500	15.000
	18	18.00	0.562	16.876
	20	20.00	0.593	18.814
	24	24.00	0.687	22.626
CEDULA 60	8	8.625	0.406	7.813
	10	10.75	0.500	9750
	12	12.75	0.562	11.626
	14	14.00	0.593	12.814
	16	16.00	0.656	14.688
	18	18.00	0.750	16.500
	20	20.00	0.812	18.376
	24	24.00	0.968	22.064
CEDULA 80	1/8	0.405	0.095	0.215
	1/4	0.540	0.119	0.302
	3/8	0.675	0.126	0.423
	1/2	0.840	0.147	0.546
	3/4	1.050	0.154	0.742
	1	1.315	0.179	0.957
	1 1/4	1.660	0.191	1.278
	1 1/2	1.900	0.200	1.500
	2	2.375	0.218	1.939
	2 1/2	2.875	0.276	2.323
	3	3.500	0.300	2.900
	3 1/2	4.00	0.318	3.364
	4	4.500	0.337	3.826
	5	5.563	0.375	4.813
	6	6.625	0.432	5.761
	8	8.625	0.500	7.625
	10	10.75	0.594	9.562
	12	12.75	0.688	11.374
	14	14.00	0.750	12.500
	16	16.00	0.844	14.312
18	18.00	0.938	16.124	
20	20.00	1.031	17.938	
24	24.00	1.219	21.562	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TABLA No. 4

COEFICIENTE C DE HAZEN Y WILLIAMS

MATERIAL DEL TUBO	C	FACTOR
DE ACERO O DE HIERRO FUNDIDO NUEVO	120	0.714
DE 10 AÑOS DE USO	110	0.838
DE 15 AÑOS DE USO	100	1.00
DE 20 AÑOS DE USO	90	1.22
DE 30 AÑOS DE USO	80	1.51
DE 50 AÑOS DE USO	70	1.93
DE ACERO O DE HIERRO FUNDIDO CON REVESTIMIENTO INTERIOR DE CEMENTO O PINTURA	140	0.537
DE ASBESTO CEMENTO	140	0.537
DE PLASTICO PVC	150	0.472



**TABLA No. 5
LONGITUD EQUIVALENTE EN DIAMETROS DE TUBERIA (L/D) DE VARIAS
VALVULAS Y ACCESORIOS**

DESCRIPCION DEL PRODUCTO				LONG. EQUIV. EN DIAMETROS DE TUBERIA (L/D)
VALVULAS DE GLOBO	VASTAGO PERPENDICULAR PARA ABRIR	SIN OBSTRUCCION EN ASIENTO TIPO INCLINADO, PLANO, O TAPON	COMPLETAMENTE ABIERTA	340
		CON DISCO GUIADO POR PERNO		450
	MODELO "Y"	SIN OBSTRUCCION EN ASIENTO TIPO INCLINADO, PLANO, O TAPON		
		-CON VASTAGO A 60°	COMPLETAMENTE ABIERTA	175
		-CON VASTAGO A 45°	COMPLETAMENTE ABIERTA	145
VALVULAS DE ANGULO		SIN OBSTRUCCION EN ASIENTO TIPO INCLINADO, PLANO, O TAPON		
		-CON VASTAGO A 60°	COMPLETAMENTE ABIERTA	145
		-CON VASTAGO A 45°	COMPLETAMENTE ABIERTA	200



**TABLA No. 5
LONGITUD EQUIVALENTE EN DIAMETROS DE TUBERIA (L/D) DE VARIAS
VALVULAS Y ACCESORIOS**

DESCRIPCION DEL PRODUCTO			LONG. EQUIV. EN DIAMETROS DE TUBERIA (L/D)
VALVULAS DE COMPUERTA	-DISCO DE CUÑA -DISCO DOBLE -DISCO TAPON	COMPLETAMENTE ABIERTA TRES CUARTOS ABIERTA LA MITAD ABIERTA UN CUARTO ABIERTA	13 35 160 900
	PARA MANEJO DE PULPA	COMPLETAMENTE ABIERTA TRES CUARTOS ABIERTA LA MITAD ABIERTA UN CUARTO ABIERTA	17 50 260 1200
VALVULAS DE RETENCION	COLUMPIO CONVENCION AL	COMPLETAMEN TE ABIERTA	135
	COLUMPIO PASO LIBRE	COMPLETAMEN TE ABIERTA	50
	TIPO GLOBO DE ELEVACION : VASTAGO PERPENDIC ULAR O TIPO "Y"	COMPLETAMEN TE ABIERTA	IGUAL QUE LA VALVULA DE GLOBO
	DE ELEVACION DE ANGULO	COMPLETAMEN TE ABIERTA	IGUAL QUE LA VALVULA DE ANGULO
VALVULAS DE PIE CON FILTROS	CON DISCO DE ELEVACION	COMPLETAMEN TE ABIERTA	420
	CON DISCO DE CUERO	COMPLETAMEN TE ABIERTA	75
VALVULAS DE	8	COMPLETAMEN	40



**TABLA No. 5
LONGITUD EQUIVALENTE EN DIAMETROS DE TUBERIA (L/D) DE VARIAS
VALVULAS Y ACCESORIOS**

DESCRIPCION DEL PRODUCTO				LONG. EQUIV. EN DIAMETROS DE TUBERIA (L/D)
MARIPOSA	PULGADAS Y MAYORES		TE ABIERTA	
VALVULAS MACHO	PASO DIRECTO	TAPON RECTANGULAR, AREA DEL PUERTO IGUAL AL DE LA TUBERIA	COMPLETAMENTE ABIERTA	18
	DE TRES VIAS	TAPON RECTANGULAR, AREA DEL PUERTO IGUAL AL DE LA TUBERIA (COMPLETAMENTE ABIERTA)	FLUJO RECTO	44
			FLUJO EN RAMAL	140
ACCESORIOS	CODO ESTANDAR DE 90°			50
	CODO ESTANDAR DE 45°			26
	CODO RADIO LARGO DE 90°			57
	TEE ESTANDAR		FLUJO RECTO	20
			FLUJO EN RAMAL	60
	CURVA DE RETORNO			50



TABLA No. 6

PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIAS

Libras por pulgadas cuadrada por cada 100 Pies de tubería C (Hazen -Williams) = 100

GPM	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"
5	17.9	4.65	1.40	0.369	0.174	0.052	—	—	—	—
10	64.5	16.4	5.08	1.33	0.629	0.186	0.078	0.030	—	—
15	—	34.7	10.7	2.82	1.33	0.394	0.168	0.064	0.028	—
20	8	59.1	18.2	4.89	2.27	0.671	0.282	0.109	0.048	0.027
30	0.019	8	38.8	10.2	4.80	1.42	0.598	0.231	0.102	0.057
40	0.033	—	65.8	17.3	8.17	2.42	1.02	0.393	0.174	0.097
50	0.050	0.020	8	26.2	12.3	3.66	1.54	0.593	0.283	0.147
60	0.069	0.029	—	36.6	17.3	5.12	2.16	0.831	0.369	0.206
70	0.092	0.038	—	48.7	23.0	6.81	2.87	1.11	0.490	0.274
80	0.118	0.049	—	62.4	29.4	8.72	3.67	1.41	0.628	0.350
90	0.147	0.060	—	77.8	36.6	10.8	4.56	1.76	0.781	0.435
100	0.178	0.074	—	10	44.5	13.1	5.55	2.14	0.949	0.529
120	0.250	0.103	—	—	62.3	18.5	7.77	3.00	1.33	0.741
140	0.333	0.137	0.034	—	82.9	24.6	10.3	3.98	1.77	0.986
160	0.426	0.175	0.043	—	106.0	31.4	13.2	5.10	2.26	1.26
180	0.529	0.216	0.054	0.016	12	39.1	16.5	6.34	2.81	1.57
200	0.643	0.265	0.065	0.022	—	47.5	20.0	7.71	3.42	1.91
220	0.768	0.316	0.078	0.028	—	56.7	23.9	9.19	4.08	2.28
240	0.902	0.371	0.091	0.031	0.013	14	28.0	10.8	4.79	2.67
260	1.05	0.430	0.106	0.036	0.015	—	32.5	12.5	5.56	3.10
280	1.20	0.493	0.122	0.041	0.017	—	37.3	14.4	6.37	3.55
300	1.36	0.562	0.138	0.047	0.019	—	42.3	16.3	7.24	4.04
350	1.81	0.746	0.184	0.062	0.026	0.012	16	21.7	9.63	5.37
400	2.32	0.955	0.235	0.079	0.033	0.015	—	27.8	12.3	6.88
450	2.88	1.19	0.292	0.099	0.041	0.019	—	34.6	15.3	8.55
500	3.51	1.44	0.353	0.120	0.049	0.023	0.012	42.0	18.6	10.4
550	4.18	1.72	0.424	0.143	0.059	0.028	0.015	50.1	22.2	12.4
600	4.91	2.02	0.498	0.168	0.069	0.033	0.017	58.8	26.1	14.6
650	5.70	2.34	0.577	0.195	0.080	0.038	0.020	68.2	30.3	16.9
700	6.53	2.69	0.662	0.223	0.092	0.043	0.023	18	34.7	19.4
750	7.42	3.05	0.752	0.254	0.104	0.049	0.026	—	39.4	22.0
800	8.36	3.44	0.848	0.288	0.118	0.056	0.029	—	44.5	24.8
850	9.35	3.85	0.948	0.320	0.132	0.062	0.032	—	49.7	27.7
900	10.4	4.28	1.05	0.356	0.146	0.069	0.036	—	20	30.8
950	11.5	4.73	1.17	0.393	0.162	0.076	0.040	—	—	34.1
1000	12.6	5.20	1.28	0.432	0.178	0.084	0.044	—	—	37.5
1250	19.1	7.85	1.94	0.653	0.269	0.127	0.066	—	—	24
1500	30	11.0	2.71	0.914	0.376	0.178	0.093	—	—	—
1750	—	—	3.61	1.22	0.601	0.236	0.123	—	—	—



TABLA No. 6

PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIAS

Libras por pulgadas cuadrada por cada 100 Pies de tubería C (Hazen -Williams) = 100

GPM	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/4"	3"	3 1/2"	4"
2000	0.007	—	4.62	1.56	0.641	0.303	0.158	0.089	0.053	0.022
2250	0.009	—	—	1.94	0.797	0.376	0.196	0.111	0.066	0.022
2500	0.011	—	—	2.35	0.989	0.457	0.239	0.134	0.081	0.033
2750	0.013	—	—	2.81	1.16	0.545	0.285	0.160	0.096	0.040
3000	0.16	—	—	3.30	1.36	0.641	0.334	0.188	0.113	0.046
4000	0.027	—	—	—	2.31	1.09	0.569	0.321	0.192	0.79
5000	0.040	—	—	—	3.46	1.85	0.860	0.485	0.290	0.119



TABLA No. 7

PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA

TEMPERATURA DEL AGUA t Grados Fahrenheit	PRESION DE SATURACION p Libras por pulgadas cuadradas absolutas	VOLUMEN ESPECIFICO v Pie Cúbico por Libra	DENSIDAD ρ Libras por Pie Cúbico	PESO Libras por Galón
32	0.08859	0.016022	62.414	8.3436
40	0.12163	0.016019	62.426	8.3451
50	0.17796	0.016023	62.410	8.3430
60	0.25611	0.016033	62.371	8.3378
70	0.36292	0.016050	62.305	8.3290
80	0.50683	0.016072	62.220	8.3176
90	0.69813	0.016099	62.116	8.3037
100	0.94924	0.016130	61.996	8.2877
110	1.2750	0.016166	61.862	8.2698
120	1.6927	0.016204	61.7132	8.2498
130	2.2230	0.016247	61.550	8.2280
140	2.8892	0.016293	61.376	8.2048
150	3.7184	0.016343	61.188	8.1797
160	4.7414	0.016396	60.994	8.1537
170	5.9928	0.016451	60.787	8.1260
180	7.5110	0.016510	60.569	8.0969
190	9.340	0.016572	60.343	8.0667
200	11.528	0.016637	60.107	8.0351
210	14.123	0.016705	59.862	8.0024
212	14.696	0.016719	59.812	7.9957
220	17.186	0.016775	59.613	7.9690
240	24.968	0.016926	55.586	7.8979
260	35.427	0.017089	53.648	7.8223
280	49.200	0.017264	51.467	7.7433
300	67.005	0.01745	48.948	7.6608
350	134.604	0.01799	55.586	7.4308
400	247.259	0.01864	53.648	7.1717
450	422.55	0.01943	51.648	6.8801
500	680.86	0.02043	48.948	6.5433
550	1045.43	0.02176	45.956	6.1434
600	1543.2	0.02364	42.301	5.6548
650	2208.4	0.02674	37.397	4.9993
700	3094.3	0.03662	27.307	3.6505

Gravedad Especifica del agua a 60 °F = 1.00

El peso por Galón está basado en 7.48052 Galones Por Pie Cúbico



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

NOMENCLATURA

NFPA	NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION
MMPCD	MILLONES DE PIES CÚBICOS POR DÍA
PSIG	LIBRA/PULGADA ² MANOMÉTRICA
°F	GRADOS FAHRENHEIT
°C	GRADOS CENTÍGRADOS
BTU	UNIDAD TÉRMICA BRITÁNICA
Kg	KILOGRAMO
m	METRO
Km	KILOMETRO
Cm	CENTIMETRO
GPM	GALONES POR MINUTO
LPM	LITROS POR MINUTO
seg	SEGUNDO
Lb	LIBRA
Pulg	PULGADA
C. A.	COLUMNA DE AGUA
S.N.M.	SOBRE EL NIVEL DEL MAR
lts	LITROS
HP	HORSE POWER (CABALLO DE POTENCIA)
RPM	REVOLUCIONES POR MINUTO



BIBLIOGRAFIA

- 1.- NFPA - 15 - Standard for Water Spray Fixed Systems For Fire Protection
1996 Edition
- 2.- NFPA - 20 – Standard for the Installation of Centrifugal Fire Pumps
1996 Edition
- 3.- NFPA - 22 – Standard for Water Tanks For Private Fire Protection
1996 Edition
- 4.- NFPA - 24 – Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and
Their Appurtenances
1995 Edition
- 5.- Normas de Petróleos Mexicanos

Norma No. 2.431.01 - Sistemas para Agua de Servicio Contra Incendio.

Norma AI - 1 - Protección Contra Incendio de las Instalaciones de Proceso.

Norma AVII - 18 - Sistemas de Aspersores para Protección Contra Incendio.

Norma No. 01.1.08 - Prevención y Equipo Contra Incendio en Instalaciones de
Producción Terrestres.
- 6.- Fire Protection Handbook
Fourteenth Edition
National Fire Protection Association (NFPA)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

- 7.- Fire Loss Control. A Management Guide
Robert G. Planner

- 8.- Flow of Fluids Through Valves, Fittings, And Pipe
Engineering Division Crane.
Edition 2003