



T
620.86
K18
C.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica



**“Diseño de Sistema contra Incendio para
Planta Elaboradora de Lubricantes”**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO EN MECANICA

Presentada por:

George Hashem Karoba Tadros



Guayaquil

Año

Ecuador

1996

AGRADECIMIENTOS

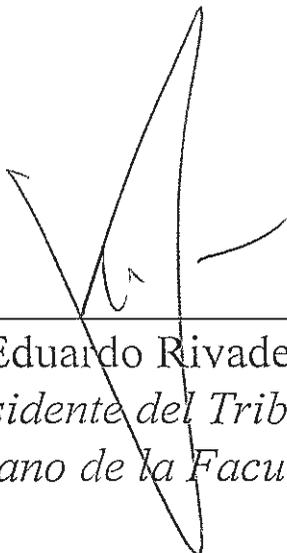
A los Ings. Manuel Helguero y José Cañarte por su invaluable colaboración y apoyo en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

-A mi familia

-A Erika

TRIBUNAL DE GRADUACION



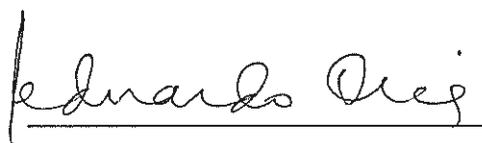
Ing. Eduardo Rivadeneira
Presidente del Tribunal
Decano de la Facultad



Ing. Manuel Helguero
Director de Tesis



Ing. Federico Camacho
Vocal del Tribunal



Ing. Eduardo Orcés
Vocal del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

“La Responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



BIBLIOTECA
CENTRAL

A handwritten signature in black ink, which appears to read "George H. Karoba Tadros". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

George H. Karoba Tadros

RESUMEN

Indudablemente la Seguridad Industrial es un pilar fundamental en el cual se cimienta gran parte de las operaciones de cualquier Compañía moderna, teniendo en cuenta principalmente que de ella depende el principal activo de la misma: el ser humano.

Dentro de el amplio espectro que comprende la Seguridad Industrial, una parte muy importante de ella es indiscutiblemente la protección contra fuegos. Está comprobado -a nivel industrial- que ningún otro flagelo es tan destructivo como un incendio en las instalaciones de cualquier planta.

Pero, debe quedar claro que la mejor medida que se puede tomar para combatir cualquier incendio es su prevención. El uso de un Sistema contra Incendio debe ser una opción última. De ahí la necesidad de contar con uno eficiente, confiable y de respuesta rápida.

La presente tesis versa sobre el proceso de diseño de un Sistema típico de combate de Incendios; empezando con una necesaria introducción referente

a la teoría del fuego, cómo se produce?, cuales son sus causas?, cuales son sus componentes?, con qué tipo de fuego estaríamos lidiando en el caso de una planta de lubricantes?, cual sería la forma más adecuada de combatirlo?. En este primer Capítulo explicaré también cual es la filosofía y los estándares internacionales más aceptados con respecto a contingencias de este tipo, cuestiones que son de fundamental importancia a la hora de emprender el diseño en sí.

En segunda instancia, en el Capítulo 2, expondré los diferentes tipos de Sistemas contra Incendio que existen: Sistemas Húmedos, Sistemas Secos, etc., explicando sus ventajas y desventajas, evaluando cada uno de ellos para luego escoger cual es el más adecuado para el caso que nos ocupa.

Posteriormente, en el Capítulo 3, vendrá el diseño propiamente dicho, partiendo obviamente del esquema de la Planta, sus instalaciones, logística, puntos de mayor riesgo. Se explicará cual fue la secuencia de diseño: Por qué se escogieron primero los pitones?, Por qué se diseña el Sistema de Bombeo al final?. Todo acompañado naturalmente de los respectivos cálculos, gráficos, figuras y tablas.

Finalmente, en el último Capítulo, y luego de presentar el plano definitivo del Sistema, trataré someramente sobre los Costos de Instalación, presentando un presupuesto preliminar, que si bien no forma parte del proceso de diseño mecánico en sí, constituye una herramienta muy útil para tener una idea de la inversión que significa instalar un Sistema contra Incendio en nuestro país en los actuales momentos.

INDICE GENERAL

	<u>Pags.</u>
RESUMEN.....	6
INDICE GENERAL.....	9
INDICE DE FIGURAS	12
INDICE DE TABLAS	14
CAPITULO 1	
INTRODUCCION	15
1 . 1 . ANTECEDENTES	16
1 . 2 . TIPOS DE FUEGO Y PRODUCTOS INFLAMABLES	17
1 . 2 . 1 . Teoría de la extinción del fuego	19
1 . 2 . 2 . Extinción con Espuma	21
1 . 3 . PRINCIPIOS GENERALES DE PROTECCION CONTRA FUEGOS	25
1 . 3 . 1 . Prevención de fuegos	25
1 . 3 . 2 . Filosofía de Diseño	28
1 . 3 . 3 . Planes de Emergencia y Entrenamiento	30

Pags.

CAPITULO 2

<u>SISTEMAS DE COMBATE DE INCENDIOS COMO ALTERNATIVAS DE DISEÑO</u>	32
2 . 1 . TIPOS DE SISTEMAS Y SUS BENEFICIOS	32
2 . 2 . COMPONENTES BASICOS DE LOS SISTEMAS	36
2 . 3 . SUMINISTRO DE AGUA Y SISTEMAS HIDRANTES	43
2 . 4 . MANGUERAS Y ACCESORIOS VARIOS	46

CAPITULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA	59
3 . 1 . ESQUEMA DE LA PLANTA	60
3 . 2 . SECUENCIA Y FACTORES DE DISEÑO	66
3 . 3 . SELECCION DE PITONES	68
3 . 4 . DISEÑO Y LAYOUT DE TUBERIAS	76
3 . 5 . DISEÑO Y SELECCION DE SISTEMA DE BOMBEO	87
3 . 6 . PLANO DEFINITIVO	103

Pags.

CAPITULO 4

COSTOS DE INSTALACION104

4 . 1 . LISTADO DE EQUIPOS Y ACCESORIOS104 ✓

4 . 2 . PRESUPUESTO TENTATIVO105

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES109

APENDICES112

BIBLIOGRAFIA123

INDICE DE FIGURAS

<u>No.</u>		<u>Pags.</u>
1	El Triángulo del Fuego.....	22
2	Tambores de Espuma de 55 Galones.....	26
3	Reservorios de Agua del Sistema Contra Incendio.....	39
4	Gabinete de Manguera.....	48
5	Pitón de 2.5 Pulgadas.....	50
6	Esquema del Generador de Espuma.....	51
7	Generador de Espuma.....	53
8	Monitor Típico de 2.5 Pulgadas.....	55
9	Vista General del Monitor y su Estructura.....	56
10	Válvula Siamesa de 2"- 4".....	58
11	Area de Tanques de Almacenamiento.....	65
12	Curva de Perfomance de Bomba.....	93
13	Bomba Principal del Sistema Contra Incendio.....	97
14	Bomba "Jockey".....	98
15	Válvula de Alivio de 6".....	99

No.Pags.

16 Caseta de Bombas.....100

INDICE DE TABLAS

<u>No.</u>		<u>Pags.</u>
1	Simbología de Componentes del Sistema Contra Incendio.....	42
2	Tanques de Almacenamiento de Materia Prima.....	63
3	Flujo de Pitones en función de sus Diámetros.....	71
4	Flujo de Monitores en función de sus Diámetros.....	72
5	Combinación de Accesorios para el Tanque No. 7.....	74
6	Comparación de Flujos para Tanques de Almacenamiento.....	78
7	Pérdidas por Fricción en Tuberías.....	83
8	Distancia entre Soportes de Tubería.....	84
9	Listado de Equipos y Accesorios.....	106
10	Presupuesto Tentativo.....	108

CAPITULO 1

INTRODUCCION

La Compañía para la cual trabajo, que es una Multinacional dedicada a la explotación, refinación, producción y comercialización de productos derivados del petróleo a nivel mundial, tiene su Planta de Elaboración de Lubricantes en Guayaquil, donde se producen diversos tipos de Aceites Industriales, Automotrices, Marítimos, etc.,

La presente tesis recoge y resume mi experiencia en el diseño realizado del nuevo Sistema contra Incendio para dicha planta, proceso que abarca todo el año 1995 y parte de 1996.

En el presente capítulo expondré ciertos antecedentes de necesario conocimiento acerca del proyecto en mención, a más de explicar algunos conceptos básicos sobre la teoría del fuego y su combate. En adición a esto, resumiré ciertos tópicos que son parte de la filosofía del Grupo en cuanto a este tipo de contingencias.



1.1. ANTECEDENTES

La Planta Industrial en referencia inició sus operaciones en el año 1967, dedicándose principalmente a la elaboración, o mezclado de Lubricantes a partir de sus materias primas: Básicos y Aditivos.

Como es de suponer, la Planta posee un antiguo Sistema contra Incendio, que por diversos motivos, en especial su antigüedad, además del continuo y acelerado crecimiento de la Planta, han convertido al mismo en obsoleto, poco operativo, e insuficiente.

Como es obvio, los riesgos de una conflagración son bastante altos, considerando el tipo de materia prima que se almacena en la Planta.

Por tales motivos, la Compañía decidió emprender el proyecto de Diseño y Construcción de un nuevo Sistema contra Incendio, que cumpliera con todos los requisitos y estándares internacionales del Grupo.

Inicialmente se pensó en contratar asesoría extranjera al respecto, pero finalmente, y luego de un exhaustivo análisis, se decidió asignar el proyecto al staff de técnicos de la Planta, entre los cuales me encuentro yo. Es así que el año 1995 marca el inicio del proceso de diseño del nuevo Sistema; proceso que tomaría todo ese año, debiéndose hacer consultas al extranjero, a asesores nacionales, contratistas, proveedores, hacer diseños preliminares en función del esquema de las instalaciones, para finalmente tener el diseño definitivo a comienzos de 1996. En los actuales momentos el proyecto se encuentra en franco proceso de construcción.

1.2. TIPOS DE FUEGO Y PRODUCTOS INFLAMABLES

Para empezar, debemos distinguir los diversos tipos de fuegos que existen, así como también las diferentes clases de productos inflamables, dos conceptos que pueden parecer similares pero que no lo son; pero, en todo caso, guardan estrecha relación.

Los fuegos, o incendios, se pueden clasificar de la siguiente manera:

Clase A. Fuegos “secos”, originados por la combustión de materiales sólidos tales como la madera o el papel. Este tipo de fuegos normalmente se combaten con agua.

Clase B. Fuegos originados por combustión de materia líquida o potencialmente líquida. La mejor manera de combatir esta clase de fuegos es mediante el uso de “Espuma”, concepto que explicaré más adelante. El propósito básico es anular el suministro de oxígeno en la combustión y enfriar al mismo tiempo.

Clase C. Causados por sustancias gaseosas, tales como metano, propano, butano, etc.,. Los agentes normales de combate para esta clase de fuegos son el denominado Polvo Químico y/o el Dióxido de Carbono (CO₂)

Clase D. Fuegos “metálicos”, causados frecuentemente por metales tales como el magnesio. Generalmente no son aplicables a la Industria de los Lubricantes.

Como se explicó anteriormente, debemos clasificar además los tipos de productos inflamables que hay, clasificación que guarda relación con la que hicimos anteriormente. Efectivamente, se debe identificar para cada clase de fuego, el tipo específico de material que lo produce. Es así que para el fuego que nos ocupa, de Clase B, debemos distinguir una subclasificación que va en función del tipo específico de material. A saber:

Clase I. Combustibles tipo Gasolina, Diesel, o Bunker.

Clase II. Aceites Lubricantes, Aceites de Proceso, u otros.

Clase III. Solventes como la Acetona, Alcohol, o Metanol.

Es decir que para el caso de una Planta de Lubricantes, estaríamos hablando de un potencial Fuego Clase B con Producto Inflamable Clase II.

1 . 2 . 1 . Teoría de la Extinción del Fuego

Básicamente existen cuatro métodos de extinción de un incendio, que están en función de los elementos causantes del mismo. Estos son:

- a) Separar la substancia combustible de la llama.
- b) Eliminar o reducir la cantidad de oxígeno.
- c) Reducir la temperatura del combustible o de la llama.
- d) Aplicar productos químicos que cambien la química de la combustión.

Cualquier técnica concreta de extinción puede incluir uno de estos mecanismos o, más frecuentemente, varios de ellos a la vez.

Para tener una idea más clara de lo que estamos hablando, expondré el siguiente ejemplo: Al aplicar agua a un objeto sólido que se está quemando, se están aplicando algunos los procedimientos antes mencionados, el sólido se enfría al contacto con el agua, haciéndolo que disminuya su velocidad

de gasificación, a la vez se enfría la llama, causando una reducción en la retroalimentación del calor al combustible sólido.

Todo lo anteriormente explicado se resume en lo que se conoce como el “Triángulo del Fuego” (Figura No. 1), cuyo vértices representan cada uno de los elementos necesarios para que se produzca un fuego. Para evitar o apagar el mismo basta con eliminar uno de estos “vértices”.

1.2.2. Extinción con Espuma

Anteriormente hemos concluido que en el caso de producirse una conflagración en la Planta de Lubricantes, el fuego ocasionado sería muy probablemente de Clase B-II, si suponemos acertadamente que el se origina o involucra la materia prima almacenada en los tanques.

Para este caso hemos dicho que lo más recomendable es un

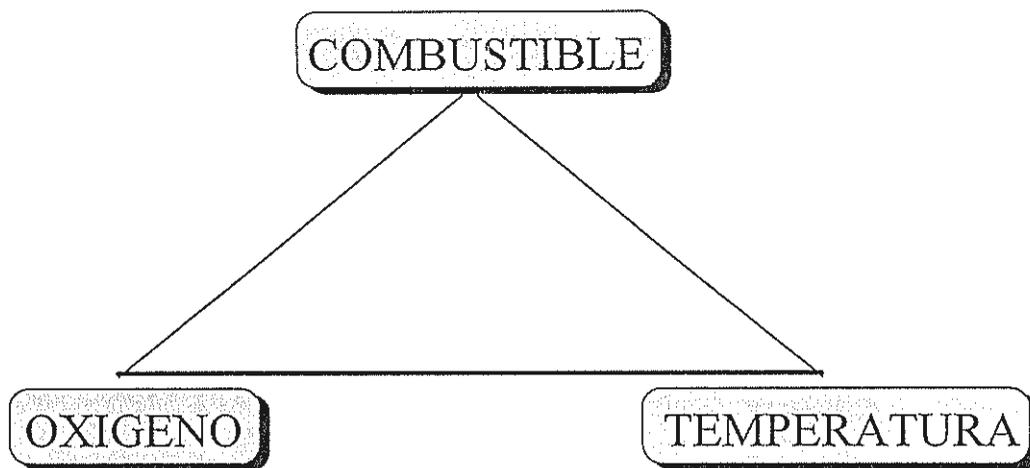


Figura No. 1 El Triángulo del fuego

combate con “Espuma”. En este punto es conveniente explicar porque no es conveniente el uso del agua simple para combatir el incendio: Los aceites lubricantes son más ligeros que el agua y por lo tanto aplicar la misma sólo lograría que el líquido flotara y siguiera ardiendo, y como su ignición es mayor que la temperatura de ebullición del agua, ésta penetraría en el líquido, se convertiría en vapor inmediatamente por debajo de su superficie causando una erupción de aceite que aceleraría la combustión y contribuiría a propagar el fuego.

Las Espumas (*foams*), son las principales herramientas para luchar contra incendios de grandes cantidades de productos petrolíferos, como es el caso de las materias primas para la elaboración de lubricantes.

La espuma contra fuegos es una masa de burbujas formada partir de soluciones acuosas de fórmulas especiales, por varios métodos. Como la espuma es mucho más ligera que

cualquier líquido inflamable, flota en el mismo formando una capa continua de material acuoso, que aísla mediante vapor la superficie en combustión del aire, eliminando el oxígeno; enfriándola, eliminando temperatura; y evitando o parando su combustión. Los métodos de aplicación son muy diversos.

El uso de espumas para luchar contra incendios requiere atender a sus características generales. Debido al contacto de la espuma con el calor y la llama, la espuma se rompe y su contenido de agua evapora. Por lo tanto, se debe aplicar sobre la superficie en combustión en volumen y velocidad suficientes para compensar esta pérdida y que quede cierta cantidad en forma de capa sobre la parte extinguida para evitar cualquier tipo de reactivación del fuego. Antes de empezar a aplicar espuma a un fuego grande, hay que contar con la cantidad suficiente de concentrado. No se consigue nada solamente atacando parte del fuego si al final nos quedamos sin espuma, pues entonces el

fuego volvería a su intensidad original. La espuma es una emulsión inestable de aire en agua y se puede romper fácilmente por medios físicos o mecánicos.

No hay una base teórica que sirva de orientación sobre las cantidades necesarias de espuma a aplicar en un fuego, lo único que se puede hacer es acudir a las pruebas empíricas. El concentrado de espuma viene usualmente en presentaciones de tambores de 55 Galones, como se muestra en la Figura No. 2.

Más adelante, en el Capítulo 2, explicaré como se realiza la combinación del concentrado con el agua para formar la espuma en el hidrante o surtidor de agua.

1 . 3 . PRINCIPIOS GENERALES DE PROTECCION CONTRA FUEGOS

1 . 3 . 1 . Prevención de fuegos



Figura No. 2 Tambores de Espuma de 55 Galones

La protección del personal, el medio ambiente, y los activos de la Planta, en ese orden, es de primordial responsabilidad de la Administración de cualquier compañía del Grupo para el cual trabaja. Una prevención efectiva de incendios depende en gran medida del diseño y operación de la Planta de tal manera que se minimicen los riesgos de una conflagración.

Todo esto significa que se deben realizar periódicas auditorías de seguridad a las instalaciones y equipos de la Planta, para garantizar un adecuado control y seguimiento de los estándares requeridos por la Compañía en cuanto a la seguridad de sus operaciones y logística. Se debe concientizar al personal y dotarlo de conocimientos suficientes acerca de procesos que se llevan a cabo y de la materia prima que se procesa, para que puedan realizar sus labores eficientemente, de manera segura y responsable.

Entendiendo lo anterior, debemos admitir que la posibilidad de un incendio es una realidad latente. Esto conlleva la preparación y ejercitación de efectivos planes para contingencias de este tipo, seguros de contar con un adecuado y operacional Sistema de Combate de Incendios.

Adicionalmente de contar con personal bien entrenado, inclusive el administrativo, para operar dicho Sistema.

Se debe involucrar necesariamente al Cuerpo de Bomberos local, para que conozca las instalaciones del Sistema: sus tomas, tanques de abastecimiento e hidrantes, ya que es claro que nuestra acción en caso de una emergencia es estrictamente momentánea hasta la llegada del Cuerpo de Bomberos y la correspondiente toma del control de la situación.

1.3.2. Filosofía de Diseño

Se presupone siempre que toda instalación y todo tanque de

almacenamiento es diseñado de tal manera que el riesgo de una crisis es remoto. El equipo para combate de incendios debe estar en una escala adecuada con respecto a este probado diseño. Sin embargo, a medida que el tamaño de las instalaciones crece, esta escala debe crecer también.

Todo Sistema contra Incendio debe basarse en una fuente de agua y un sistema hidrante equipado y dirigido de tal manera que sea capaz de suministrar agua y espuma a todo potencial punto crítico de la Planta, los cuales se deben definir previo al diseño, tales como tanques de almacenamiento, bodega de materiales, bodega de producto terminado, y planta de elaboración de lubricantes.

Idealmente, la fuente de agua debería ser preferentemente ilimitada, tal como una bahía, un río, o un lago, pero, en la mayoría de los casos, como el que nos ocupa, no se puede contar con una fuente de tales características; por ende, debemos optar por reservorios, o tanques, de una

adecuada capacidad de almacenamiento.

Adicionalmente, se debe poseer una capacidad de bombeo suficiente, y suministrar el adecuado caudal de agua a una determinada presión de diseño, de tal modo que podamos abastecer indistintamente cualquier punto del Sistema de manera eficaz.

El uso de sistemas más sofisticados tales como el de arranque automático de bomba, o línea presurizada, deben ser evaluados para establecer si son de necesaria implementación. Esto se analizará en el siguiente capítulo, a la par de los diferentes tipos de sistemas que existen.

1.3.3. Planes de Emergencia y Entrenamiento

Una planificación inteligente reduce considerablemente la confusión y pérdida de tiempo entre el comienzo del incendio y su combate. Desarrollar un Plan de Emergencias

conlleva la necesidad de practicarlo de manera que todos conozcan exactamente lo que tienen que hacer en caso de declararse un incendio. El entrenamiento en el uso de los equipos y sistemas de combate de incendios genera en el personal la confianza y destreza necesarias para combatir y contener un fuego

Se debe dividir en grupos operacionales al personal, creando brigadas con la asesoría del Cuerpo de Bomberos, quienes están siempre prestos a entrenarlas y a determinar que debe hacer exactamente cada uno de los miembros de estas brigadas.

Entre las principales tareas en las cuales se debe entrenar al personal, logísticamente hablando, tenemos:

- a) Operación del Sistema de Bombeo
- b) Localización y manipuleo de válvulas
- c) Manejo y conexión de mangueras y pitone

CAPITULO 2

SISTEMAS DE COMBATE DE INCENDIOS COMO ALTERNATIVAS DE DISEÑO

En el presente Capítulo, definiremos los 2 tipos principales de Sistemas contra Incendio que existen, evaluando sus ventajas y desventajas, analizando cual es el más conveniente implementar en nuestro caso y exponiendo sus características y componentes principales. Luego pasaremos a establecer cuales son los estándares pre-establecidos en cuanto a requerimiento y suministro de agua según la logística de las instalaciones que van a ser protegidas, estándares que son definidos por organismos internacionales especializados. Finalmente, enumeraremos y definiremos en detalle los accesorios principales de combate del Sistema, sus funciones, características y principios.

2.1. TIPOS DE SISTEMAS Y SUS BENEFICIOS

La NFPA (*National Fire Protection Association*), o en español,

Asociación Americana de Protección de Fuegos, establece dos tipos principales de Sistemas contra Incendio: Sistemas Secos o de Tubería Seca y Sistemas Húmedos o de Tubería Húmeda.

Los Sistemas de Tubería Seca, como su nombre lo indica, son sistemas cuyas tuberías están normalmente llenas de aire, dispuestas de modo que puedan admitir agua mediante el accionamiento de un dispositivo o dispositivos remotos tales como una bomba o una válvula. En este tipo de sistemas se debe poner especial atención a que los mecanismos de control sean fiables.

Estos sistemas se utilizan necesariamente con una fuente de abastecimiento permanente de agua, tal como un tanque de almacenamiento o una fuente del tipo inagotable, tal como un río.

La principal desventaja de este tipo de sistemas es su tiempo de respuesta: una vez detectado el fuego, se debe accionar primero la bomba, desenrollar y acoplar mangueras, abrir válvulas, para luego esperar la llegada del flujo de agua para poder combatir,

permitiendo de este modo que el fuego se propague rápidamente en su primera etapa. Esto no sucede con los Sistemas de Tubería Húmeda.

Efectivamente, en este caso la tubería está empacada y presurizada de tal manera que un sensor de presión o *presostato* detecta cualquier descompensación en el sistema causada por la apertura de alguna válvula y acciona automáticamente la bomba que alimenta de agua a las tuberías.

Es decir, existe una respuesta casi inmediata. Es obvio que dicho presostato debe estar calibrado para presiones específicas y predeterminadas en base mas que todo a la experiencia. Se recomienda que la variación de presión que active la bomba sea del orden del 25% del valor de la presión nominal del sistema. Existen casos en que es necesario abrir alguna válvula del sistema para efectos de obtener agua para otros propósitos que no son precisamente combatir un fuego, tales como probar el correcto funcionamiento de accesorios, realizar simulacros, o simples o-

peraciones de lavado. En esos casos la caída de presión es menor a la que activaría la bomba principal; para este efecto, se recomienda implementar una bomba adicional, de mucha menor capacidad, denominada Bomba “Jockey”, que nivela la presión del sistema para descompensaciones del orden del 10% de la presión nominal.

Cada bomba debe tener un presostato independiente calibrado para los diferentes rangos de trabajo de cada una.

La NFPA ha establecido una lista de requerimientos mínimos tanto para la Bomba Principal del sistema como para la Bomba “Jockey”, los cuales detallaré al momento de seleccionar y diseñar el sistema de bombeo.

Otra de las ventajas de este tipo de sistema es que nos permite detectar y remediar fugas en las líneas, por lo que resultan mucho más fiables que los sistemas secos. Un adecuado mantenimiento

preventivo nos permitirá disponer de un sistema operacional todo el tiempo.

Por todo lo anteriormente expuesto es obvio concluir que es más conveniente contar con un Sistema Húmedo cuya respuesta en caso de alguna emergencia es mucho más rápida que cualquier otro sistema, además de ser más confiable, seguro y de operación más sencilla, debido a que, entre otras cosas, no debemos preocuparnos del arranque de la bomba, el cual es automático, ya que la misma se encuentra siempre en *standby*.

2.2. COMPONENTES BASICOS DE LOS SISTEMAS

Los principales componentes de cualquier Sistema contra Incendio moderno son:

- a) Fuente de Agua: Como dijimos anteriormente, es conveniente contar con una fuente ilimitada. Pero, en la mayoría de los casos esto no es posible; para eso, se recomienda tener la suficiente

capacidad de almacenamiento en tanques cuya capacidad individual no sea menor a 50.000 galones, para casos de plantas medianas o grandes. Estos tanques deben ser contruidos con planchas de acero de espesor superior a 1 milímetro, soldadas entre sí. Deben contar con su respectivo *manhole*, o “boca de hombre”, para efectos de limpieza; y su respectiva válvula de drenaje.

Construir apenas uno de estos tanques resulta muy oneroso, por lo que si podemos destinar alguno de los tanques con los que cuenta la planta para convertirlo en reservorio de agua para el sistema, ahorraríamos una considerable suma de dinero. Este fue el caso de la planta en la que trabajo: se destinaron 2 tanques de almacenamiento de 70.000 galones cada uno, que antiguamente contenían aceite básico pesado, para ser llenados con agua previa una limpieza minuciosa.

Es importante anotar que la ubicación de estos tanques debe ser estratégica. Bajo ningún concepto deben encontrarse

ubicados cerca de los puntos de mayor riesgo de la planta, tales como los tanques de materia prima o planta de elaboración. Debe existir una distancia prudencial que permita tener una adecuada capacidad de operación y maniobrabilidad tanto para nosotros como para el Cuerpo de Bomberos, cuando este llegue.

Otra de las razones por las cuales debemos ubicar nuestros tanques lo más alejados de nuestro potencial centro de combate, es el hecho de que nuestro Sistema de Bombeo en cambio, debe situarse lo más cercano posible a los reservorios de agua, para que la succión de la bomba principal al momento de la operación sea la menor posible, y de este modo ahorrar energía y ganar en eficiencia.

No debemos comprometer la seguridad e integridad de nuestras bombas, ya que de eso depende una gestión eficaz en el combate del flagelo. En la Figura No. 3 podemos observar los tanques que se destinaron para ser usados en el Sistema contra Incendio

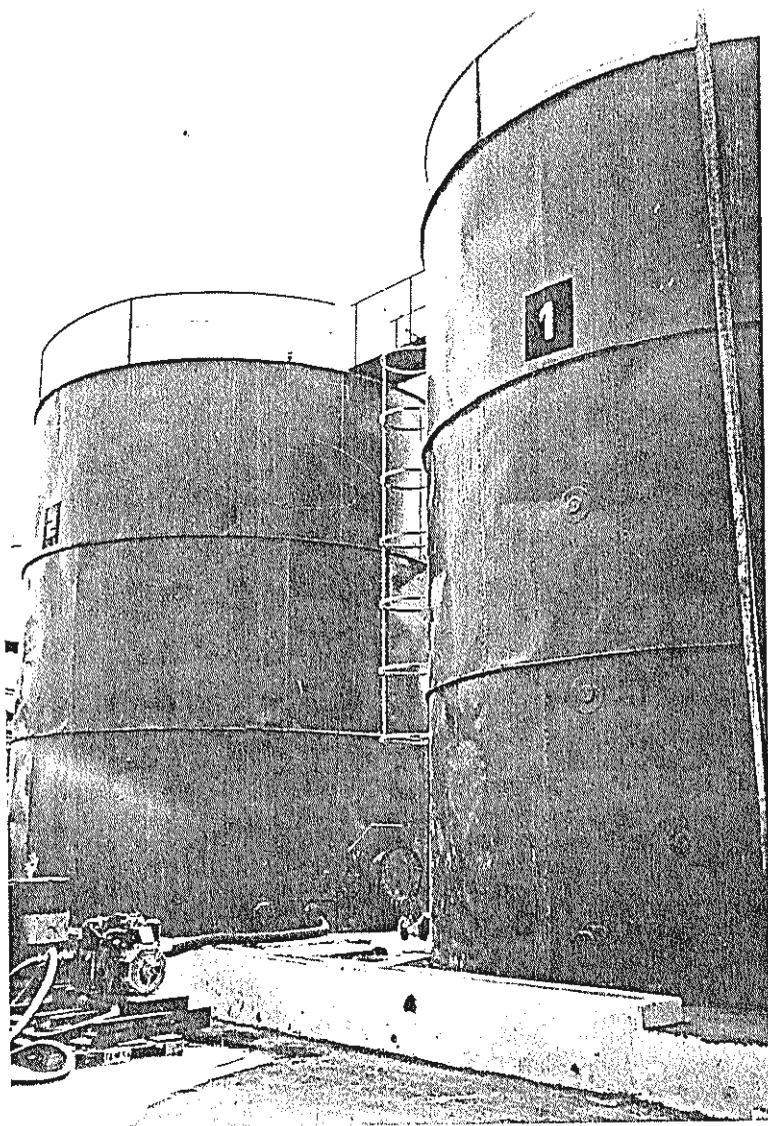


Figura No. 3 Reservorios de Agua del Sistema contra Incendio

que se diseñó, los cuales están debidamente interconectados, pintados con colores adecuados como rojo o verde, y tienen bien señalizadas sus respectivas capacidades.

b) Sistema de Bombeo: Está compuesto básicamente como ya dijimos antes, por la Bomba Principal y por la Bomba “Jockey”; con sus respectivos paneles de control y presostatos. El tipo de bombas que se escogió se cionó estrictamente a las normas dictadas por la NFPA, que es el organismo consultor de la Compañía. El Sistema de Bombeo será explicado más profundamente en el siguiente Capítulo.

c) Sistema de Tuberías: Determina el recorrido del agua hacia los diferentes hidrantes del sistema. Debe estar diseñado de tal forma que abarque todos los puntos de mayor riesgo. El diámetro de la tubería viene dado en función del diseño propiamente dicho, y depende de la presión nominal del sistema, su caudal, y las pérdidas por fricción en la tubería. La Norma NFPA 20 recomienda usar Tubería de Acero comercialmente conocida como de Cédula 40,

debido a su alta resistencia mecánica. En pruebas experimentales se ha sometido a tubos de dicho material a presiones extremas superiores a los 2500 psi, encontrándose que la presión de ruptura se acerca a los 3000 psi. La presión nominal promedio de la mayoría de los Sistemas contra Incendio no excede el 3% de dicho valor. Por ende, trabajaríamos con un factor de seguridad muy alto, lo cual en estos casos, es muy importante.

Así mismo, accesorios tales como bridas, codos, reducciones, tees, deben ser soldables y no roscables, para efectos de mayor seguridad. Así mismo, todo este tipo de partes deben ser del mismo material de la tubería. Bajo ningún concepto deben ser galvanizadas.

Como es obvio, se deben implementar válvulas del tipo compuerta, checks, de alivio, según la configuración que querramos darle a nuestro Sistema. En la Tabla No. 1 podemos encontrar la simbología más comunmente usada para especificar estos tipos

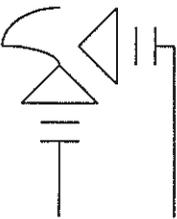
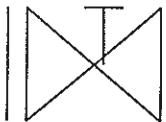
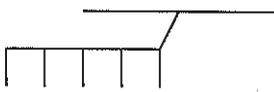
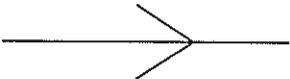
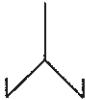
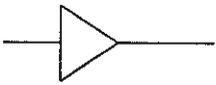
<i>SIMBOLOGIA</i>	<i>ACCESORIO</i>	<i>DEFINICION</i>
	Válvula de Alivio	Permite eliminar cualquier exceso de presión en el Sistema
	Válvula check	Evita cualquier retorno del flujo en la tubería
	Válvula de Compuerta	Permite racionalizar el flujo se- nuestro criterio
	Gabinete con Manguera	Habitáculo de la manguera y pitón
	Flujo de Agua	Sentido del flujo a través de la tubería
	Siamesa	Conexión externa doble
	Reducción	Cambio de diámetro de la tubería.
	Brida	Unión de 2 tramos de tubería

Tabla No. 1 Simbología de Componentes del Sistema contra Incendio

de accesorios que deben estar claramente especificados en el Plano del Sistema.

d) *Accesorios de Combate*: Son con los cuales combatimos directamente el fuego. Entre ellos podemos citar: Mangueras, Pitones, Convertidores de Espuma, Monitores, y Válvulas Siamesas, los cuales serán explicados detalladamente en el numeral 2.4 del presente Capítulo. Estos accesorios deben ser seleccionados en función de los requerimientos de nuestro Sistema, es decir, en el proceso de diseño en sí. Se debe tener especial cuidado, en algunos casos, de que estos sean compatibles con los del Cuerpo de Bomberos.

2.3. SUMINISTRO DE AGUA Y SISTEMAS HIDRANTES

La piedra angular de cualquier Sistema de Combate de Incendios es un adecuado y eficiente suministro de agua en los hidrantes. La cantidad de equipos y accesorios que debemos implementar se basa en la hipótesis de que sólo combatiremos un fuego a la vez.

Entonces, mi primer paso fue definir cual sería el peor caso con el que nos podríamos topar en la Planta. Este fue definido como el incendio del tanque de almacenamiento más grande: esa fue la base del diseño.

Si bien el hecho de cuantificar la cantidad de agua a suministrar en dicho caso fue mi principal preocupación, no se minimizó la cantidad de agua necesaria para enfriar los tanques circundantes.

Al momento de diseñar el Sistema tomé en cuenta tres aspectos en los cuales el mismo debía ser eficiente:

- a) Un adecuado suministro de agua, en galones, en los lugares correctos, para proveer una buena capacidad de enfriamiento y/o formación de espuma.
- b) Un suficiente caudal de líquido, en galones por minuto (GPM), para suplir los mismos propósitos, manteniendo siempre la presión nominal.

- c) Una adecuada presión de diseño, en libras por pulgada cuadrada (psi), en todos los hidrantes del Sistema, para operar equipos de formación espuma, y alcanzar inclusive los puntos más lejanos.

Cualquier deficiencia en alguno de los puntos anteriores puede resultar en fallas al momento de tratar de extinguir un fuego.

El suministro tanto de agua dulce o agua salada es requerido a una presión mínima, en el hidrante más lejano, de 100 psi. Esto para lograr un eficiente contacto del líquido con el fuego, además de permitir una formación adecuada de espuma, si fuere el caso.

Las tasas recomendadas por la NFPA para el suministro de agua varían según el tipo de producto inflamable a considerarse. Es así que para la clasificación presentada en el Capítulo 1, tenemos:

- a) Productos Clase I: 1.2 Galones/min/m² de superficie de producto, aplicados durante 30 minutos. Obviamente de una aplicación continua.

b) Productos Clase II: 2 Galones/min/m² de superficie de producto, aplicados durante 30 minutos.

c) Productos Clase III: 1.2 Galones/min/m² de superficie de producto, aplicados durante 30 minutos.

Es así que para nuestro caso, necesitábamos un flujo de agua en el punto de combate de 2 Galones por minuto y por metro cuadrado de superficie de producto, superficie correspondiente al diámetro del tanque de almacenamiento más grande.

Es obvio, que debemos calcular la cantidad de espuma necesaria para suplir el flujo de agua anteriormente establecido. En el siguiente numeral, explicaré como se lo calculó y que accesorio se necesita para realizar la combinación, o emulsión de la espuma con el agua.

2.4. MANGUERAS Y ACCESORIOS VARIOS

Las mangueras y demás accesorios de combate tales como pitones, monitores, siamesas y convertidores de espuma deben ser distribuidos en el esquema del Sistema de manera adecuada y suficiente.

Los Gabinetes con Manguera o Gabinetes Hidrantes, como su nombre lo indica, son aquellos donde se ubican las mangueras con sus respectivos pitones, y es el lugar de necesaria búsqueda en caso de originarse un incendio. Estos deben estar distribuidos en la instalación de tal manera que cualquier punto del Sistema pueda contar con un adecuado suministro de agua, en especial el sector crítico.

Es obvio que las mangueras deben estar diseñadas para soportar la presión nominal de trabajo de cada una, con su respectivo factor de seguridad. Estas normalmente poseen acoples tanto para la tubería, en un extremo, como para el pitón en el otro.

En la Figura No. 4 podemos observar un Gabinete con Manguera

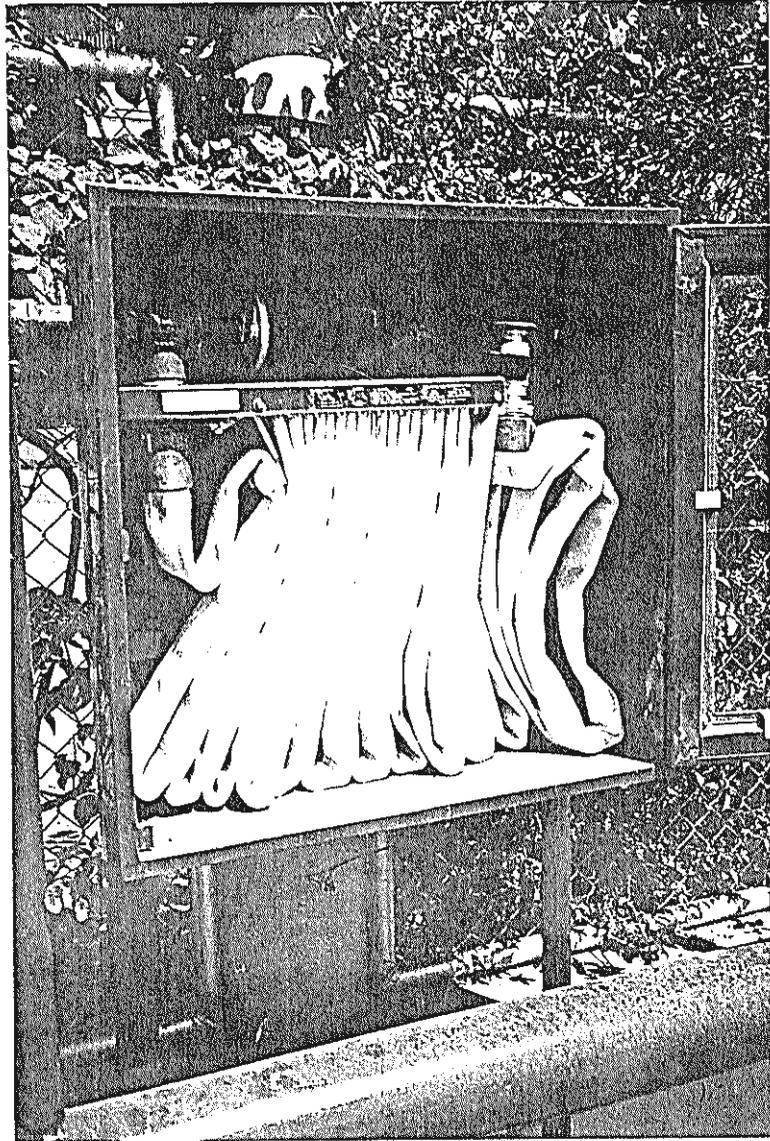


Figura No. 4 Gabinete de Manguera

típico con sus accesorios incluidos.

De manera general, los diámetros más comunmente usados son los de 2.5 pulgadas para los lugares de mayor demanda, y de 1.5 pulgadas para los de menor demanda de líquido.

A continuación detallo las características de los principales accesorios de combate. A saber:

a) Pitones: Es la pieza o accesorio que acciona la descarga de líquido desde la manguera. Regula el flujo de agua permitiéndole combates directos, para extinción, o simples chorros de enfriamiento. Si bien nominalmente poseen los mismos diámetros que las mangueras, estos diámetros mas bien se refieren al punto de acople entre la misma y el pitón. Los diámetros efectivos de descarga pueden ser mucho menores debido al estrangulamiento producido dentro del cuerpo del pitón. Los fabricantes en sus tablas, toman como referencia el diámetro del acople más no el diámetro efectivo (ver Figura No. 5).





Figura No. 5 Pitón de 2.5 pulgadas

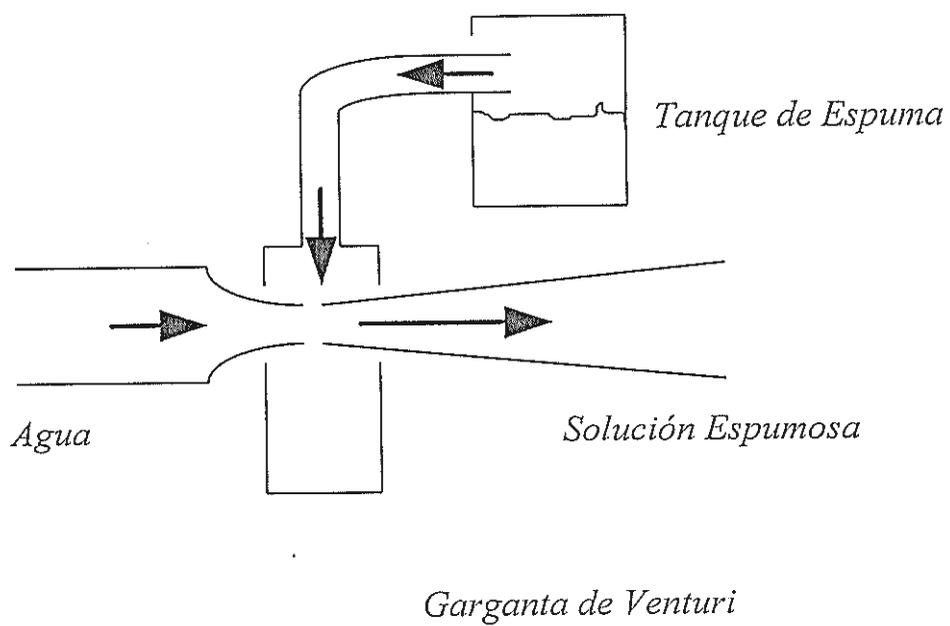


Figura No. 6 Esquema del Generador de Espuma

Al seleccionar un pitón, debemos tomar como base la presión nominal que debe soportar y el diámetro de la manguera a la cual va a ir conectado. Esto resultará en el caudal que proporcionará dicho pitón. Es tarea del diseñador determinar la cantidad de pitones, o mangueras, por unidad de longitud de tubería, necesarios para suministrar el galonaje adecuado para el combate, ya que es raro encontrar pitones de capacidades mayores a 170 GPM.

Igual que las mangueras, los pitones más usados son los de 1.5 y 2.5 pulgadas de diámetro nominal.

b) Generadores de Espuma: Son dispositivos que, conectados entre el pitón y la manguera, producen la emulsión de la espuma al paso del agua, por el principio del tubo de venturi. Como se observa en la Figura No. 6, se aprovecha la energía de la presión del flujo de agua por el efecto Venturi a través del orificio por donde se introduce, el concentrado. Tiene suma importancia conseguir que la dosificación del concentrado sea proporcional al caudal del agua. Los equipos de dosificación y de descarga deben

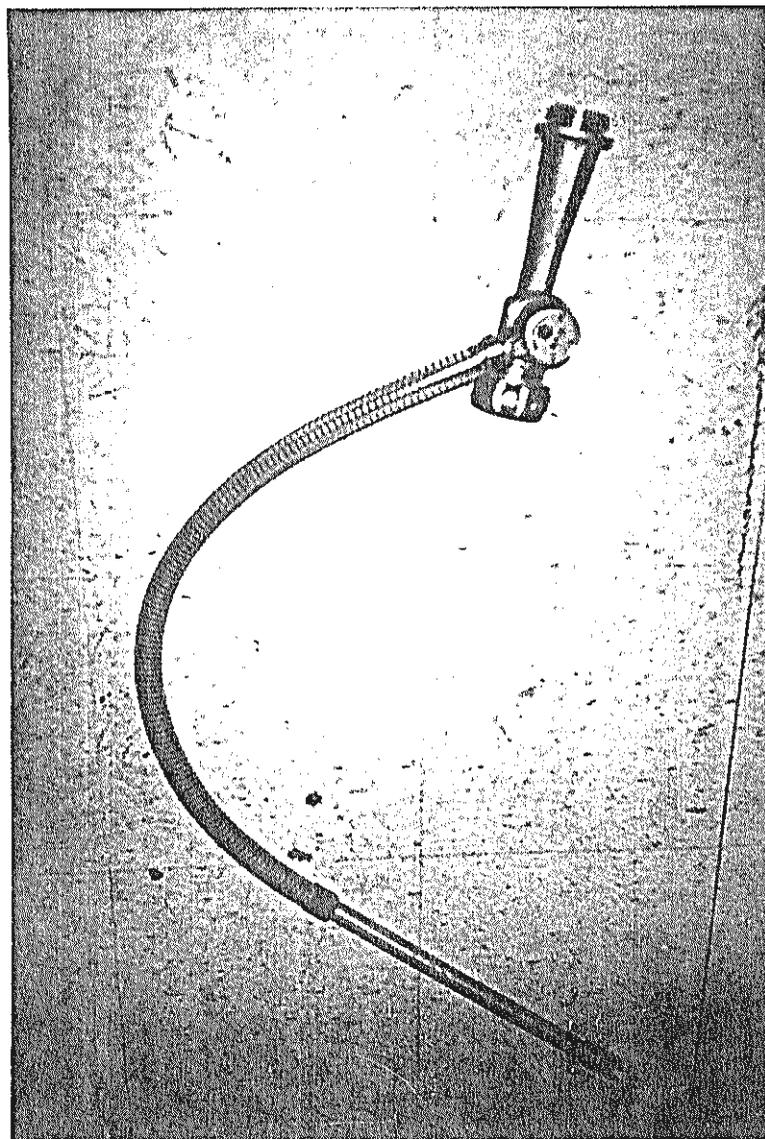


Figura No. 7 Generador de Espuma

estar mutuamente ajustados de tal manera que se obtenga una solución o mezcla conveniente. Si la dosificación es baja, resultará una espuma floja e inestable, si es demasiado alta, la espuma será rígida y se desperdiciará concentrado, con la consiguiente pérdida de eficiencia y de tiempo de trabajo.

Normalmente los accesorios generadores de espuma, uno de los cuales podemos verlo en la Figura No. 7, están diseñados de tal forma que la emulsión se realiza en las proporciones adecuadas.

Es decir, solamente debemos preocuparnos, y ese fue mi caso, en determinar el número de tambores de espuma necesarios para tener en stock, y poder ser usados sin que nos falten en caso de un incendio. La NFPA establece un mínimo de 1 Galón de Concentrado de Espuma por cada 150 Galones de Agua en nuestros reservorios. Es el caso entonces que si tenemos una reserva de agua en nuestros tanques de aproximadamente 140.000 Galones, debemos tener un stock mínimo de 17 tambores de concentrado de espuma de 55 Galones cada uno.

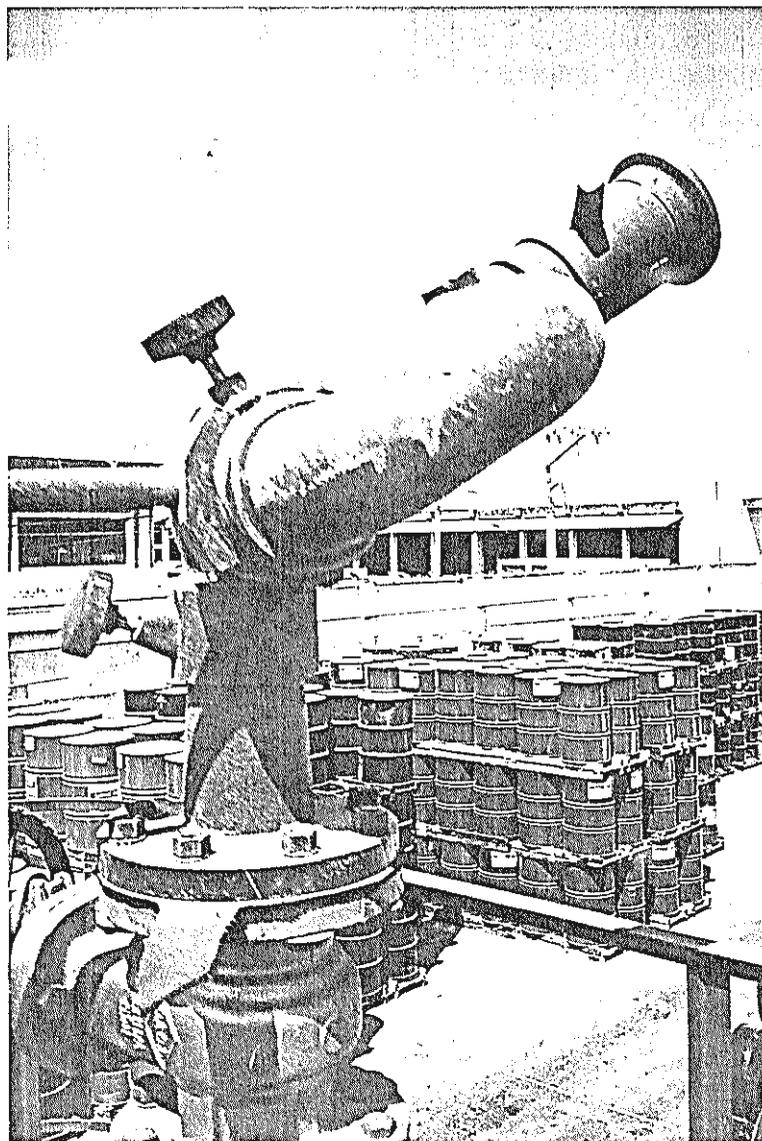


Figura No. 8 Monitor típico de 2.5 pulgadas

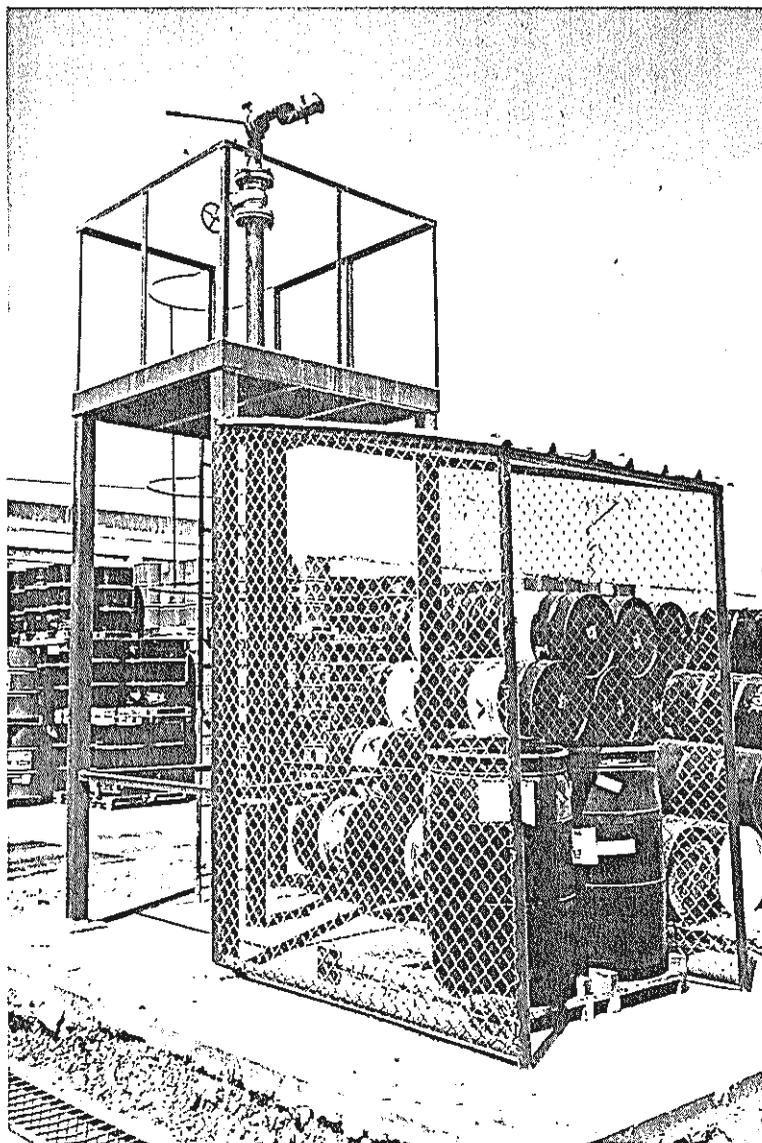


Figura No. 9 Vista general del Monitor y su estructura

c) Monitores: Son básicamente pitones que están acoplados a tubería rígida. Tienen la ventaja de proporcionar un chorro directo y estable sin la necesidad de realizar los esfuerzos necesarios para dominar una manguera. Adicionalmente, descargan caudales superiores comparados con los que descarga un pitón convencional, debido a que en este caso el diámetro nominal del monitor sí coincide con el diámetro efectivo de descarga.

Generalmente son estacionarios y poseen 2 grados de libertad, como podemos observar en las Figuras No. 8 y No. 9.

d) Siamesas: Normalmente un Sistema Contra Incendio debe estar en capacidad de recibir agua de fuentes externas, o de suministrar agua para combatir fuegos externos a las instalaciones. Esta es la principal función de las Válvulas Siamesas. Se denominan así debido a su configuración de 2 neños pegados en forma de V (ver Figura No. 10). Tienen esta configuración para poder recibir agua proveniente de las mangueras del Cuerpo de Bomberos que usualmente son de 2" de diámetro. Incluyen siempre una válvula check.

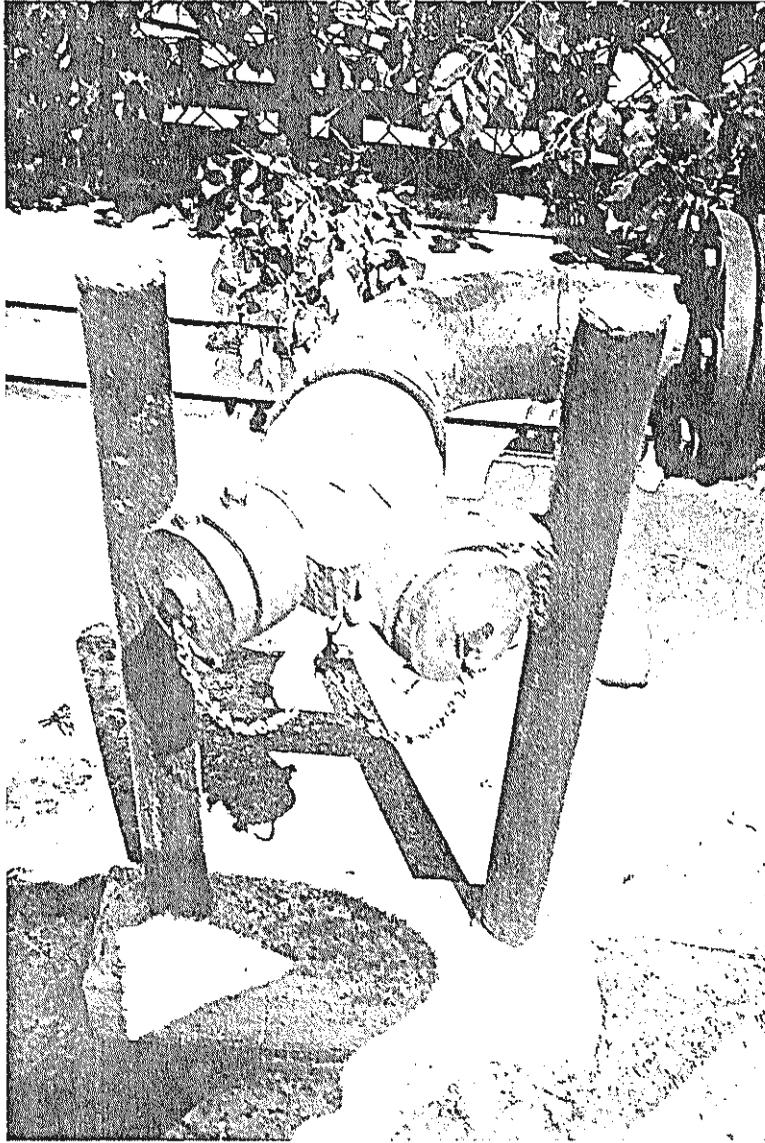


Figura No. 10 Válvula Siamesa de 2"- 4"

CAPITULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA

En el presente Capítulo detallaré el proceso que seguí para diseñar y dimensionar el Sistema Contra Incendio en referencia. Empezaré mostrando y explicando las instalaciones de la Planta de Lubricantes, sus partes, su logística y como es lógico, sus puntos de mayor riesgo.

En segunda instancia, y utilizando como base los fundamentos teóricos expuestos en los Capítulos previos, seleccionaré el tipo y cantidad de accesorios de combate requeridos, más específicamente hablando, los pitones y monitores. Incluiré además una explicación breve de el porqué de la secuencia de diseño utilizada, ya que ésta no es fortuita y tiene su razón de ser.

Una vez determinado esto, pasaré a bosquejar el layout de tuberías del Sistema, en base a el esquema de la Planta y a los accesorios escogidos anteriormente, verificando que la distribución de los mismos

cumpla con los requerimientos de agua establecidos en el Capítulo anterior.

En esta parte, determinaré también los diámetros de la tubería en base a el caudal de diseño y a las pérdidas por fricción permisibles en la misma. Explicaré porqué es factible usar tubería de dos diámetros diferentes para efectos de ahorro de costos.

Finalmente, y contando con toda la información suministrada en el proceso de diseño, pasaré a seleccionar el Sistema de Bombeo más adecuado, en función de las normas de la NFPA, tratando siempre de optimizar recursos y eficiencia.

El plano definitivo del Sistema vendrá también incluido en uno de los Apéndices al final de la tesis, como necesaria referencia.

3 . 1 . ESQUEMA DE LA PLANTA

Como podemos observar en el Apéndice A, la Planta de Lubricantes

abarca un área aproximada de 16.000 m², en donde podemos distinguir los siguientes segmentos:

- a) Edificio Principal: Ubicado en el extremo Oeste de las instalaciones, comprende un área de 2.000 m², y alberga todas las oficinas administrativas de la Compañía y sus respectivos parqueaderos. El nivel de riesgo de incendio para esta parte puede considerarse como *bajo*.

- b) Patio Delantero: Abarca un área aproximada de 4.500 m² y comprende la Bodega de Producto Terminado y la Planta Ensambladora de Tambores, cuya maquinaria es básicamente neumática. Debido al tipo de material que se almacena en la Bodega se puede considerar que el riesgo de una conflagración en este segmento es *medio*.

- c) Planta de Elaboración: Es en donde se realizan los procesos de mezclado y envasado de los aceites lubricantes. Existen tanques de mezcla a base de vapor, motores y circuitos eléctricos de baja y

media tensión a más de maquinaria neumática de llenado. Paralela a esta planta se encuentra la Bodega de Empaques en donde se almacenan los envases vacíos que van a ser llenados con producto elaborado en la Planta. El nivel de riesgo para este sector es *medio-alto*.

- d) Area de Tanques de Almacenamiento: Es un área de aproximadamente 2.500 m², en cuyo perímetro existe un muro de contención en caso de derrames. En estos tanques se almacena la materia prima para la elaboración de los lubricantes, es decir, aceites básicos y aditivos. Los tanques de mayor capacidad albergan los básicos, y los de menor capacidad los aditivos. En la Tabla No. 2 se detallan todos los tanques existentes, con su respectivo diámetro y producto almacenado.

Como es obvio pensar, el riesgo en este sector debido al tipo de materia prima almacenada, se considera como *alto*, peor aún tomando en cuenta que al frente de estos tanques, hacia el sector sur, se encuentra la casa de calderos de la Planta, con unidades ge-

Tanque	Diámetro (m)	Altura (m)	Capacidad (Gal)	Producto
A1	6.40	8.60	72.463	LZ-7574B
A2	6.40	8.60	72.463	Lubad 661
A3	6.40	8.60	72.463	HVI-160B
A4	6.30	8.60	72.028	Vacío
A5	6.30	8.62	72.340	Vacío
1	10.67	9.27	218.700	HVI-60
2	10.69	9.27	218.800	Vacío
3	10.69	9.27	218.800	HVI-650
4	12.19	9.30	257.300	HVI-160B
5	9.14	9.27	144.450	A. Proc.
6	9.98	8.80	163.500	A. Dielec.
7	19.30	9.13	640.300	HVI-160B
8	4.98	7.85	40.400	MVIP-1300
9	4.98	7.85	40.400	LVI-450
10	4.98	7.85	40.400	LVI-50

Tabla No. 2 Tanques de Almacenamiento de Materia Prima

neradoras de vapor de una potencia combinada superior a los 200 HP.

En el Apéndice B, se presenta un levantamiento del Area de Tanques, en donde podemos observar su distribución y tamaño. Este es el sector considerado como *crítico* o de mayor riesgo. Todo el diseño se basó en la hipótesis de que el fuego se originaría en esta parte de la Planta.

Sin embargo, esto no significa que cualquier otro sector pueda ser el origen de un incendio; es por esto que debemos partir de la premisa que si nuestro sistema es eficaz en la contención de un fuego originado en el área más crítica, entonces estará en plena capacidad de combatir un incendio en sectores de “menor riesgo”. En la Figura No. 11 podemos observar una vista general del Area de Tanques en mención.

d) Patio Posterior: Ubicado en el extremo Este de las instalaciones, es usado para almacenar tambores de aditivo y de productos conta-



Figura No. 11 Area de Tanques de Almacenamiento

minados, así como de materiales varios y chatarra. Si bien el riesgo en este sector es menor al del área de tanques, este no es despreciable por cuanto aquí se almacenan hidrocarburos y cierto tipo de petroquímicos. En todo caso el riesgo se lo considera como *medio-alto*.

En el extremo de el patio, hacia el límite Este de la Planta, se encuentran los 2 tanques que se destinaron para servir de reservorios de agua para el Sistema Contra Incendio. Así mismo, en este sector, detrás de estos tanques, irá ubicada la caseta de la Bomba Principal y la Bomba "Jockey".

3.2. SECUENCIA Y FACTORES DE DISEÑO

El diseño de el Sistema Contra Incendio se realizó siguiendo una secuencia lógica que detallo a continuación:

- (a) En base a la hipótesis de un incendio en el tanque de almacenamiento de mayor diámetro, calculé la tasa de flujo de agua míni-

mo recomendada por la Norma NFPA 20 para combatir el fuego. Esta Norma determina también que si más de un tanque debe ser protegido por el mismo Sistema, el flujo de diseño viene dado por el requerido por el tanque de mayor capacidad. Es decir, mi suposición fue la correcta.

- (b) Una vez determinado el flujo de agua necesario en el punto crítico, seleccioné y determiné el tamaño, capacidad y distribución de los accesorios de combate tales como pitones y monitores, para que éstos, de manera combinada, sean capaces de suministrar el flujo mencionado en dicho punto.

- (c) Una vez analizado el punto de mayor riesgo, bosquejé un layout de tuberías realizando una distribución general de pitones y mangueras, proyectando el primer cálculo realizado para el resto de la Planta, teniendo mucho cuidado de abastecer y abarcar todo sector de riesgo potencial. En este punto debí comprobar que la distribución de accesorios de combate que había realizado era eficaz, calculando el suministro de agua a

otros puntos de las instalaciones, y verificando que este fuese suficiente para cumplir con los valores mínimos respectivos. En este layout incluí también otros componentes del Sistema tales como bombas, válvulas, codos y reducciones.

- (d) Teniendo ya un esquema de tuberías del Sistema, y pudiendo determinar sus longitudes, pasé a determinar el diámetro requerido para las mismas, en función de la presión nominal del Sistema, el caudal de líquido y las pérdidas por fricción permisibles a lo largo de la tubería. Estos mismos criterios fueron utilizados para dimensionar finalmente el Sistema de Bombeo, compuesto por la Bomba Principal y su respectiva Bomba “Jockey”.

- (e) Como corolario a esta parte, dibujé el plano definitivo del Sistema, en donde resumí todo el proceso de diseño seguido, presentando sus características y componentes.

3 . 3 . SELECCION DE PITONES

La cantidad y características de los pitones a implementar en el punto de mayor riesgo viene dado por el caudal mínimo (Q) requerido en dicho lugar, el cual se calculó de la siguiente manera:

$$Q = 2 (A) \quad (\text{GPM})$$

donde:

2 : Valor pre-establecido por la NFPA (GPM/m²)

A : Area del Tanque de mayor Capacidad (m²)

Para mi caso, el Q requerido fue:

$$Q = 2 (\Pi) (D^2)^{\frac{1}{4}} \quad (\text{GPM})$$

donde:

Π : Constante pi

D : Diámetro del Tanque No. 7 (m)

De ahí que:

$$Q = 2 (3.1416) (19.30)^2 \left(\frac{1}{4}\right) \rightarrow Q = 585 \text{ GPM}$$

Que es el valor del flujo mínimo a suministrar en el caso de un incendio que comprometa al Tanque No. 7.

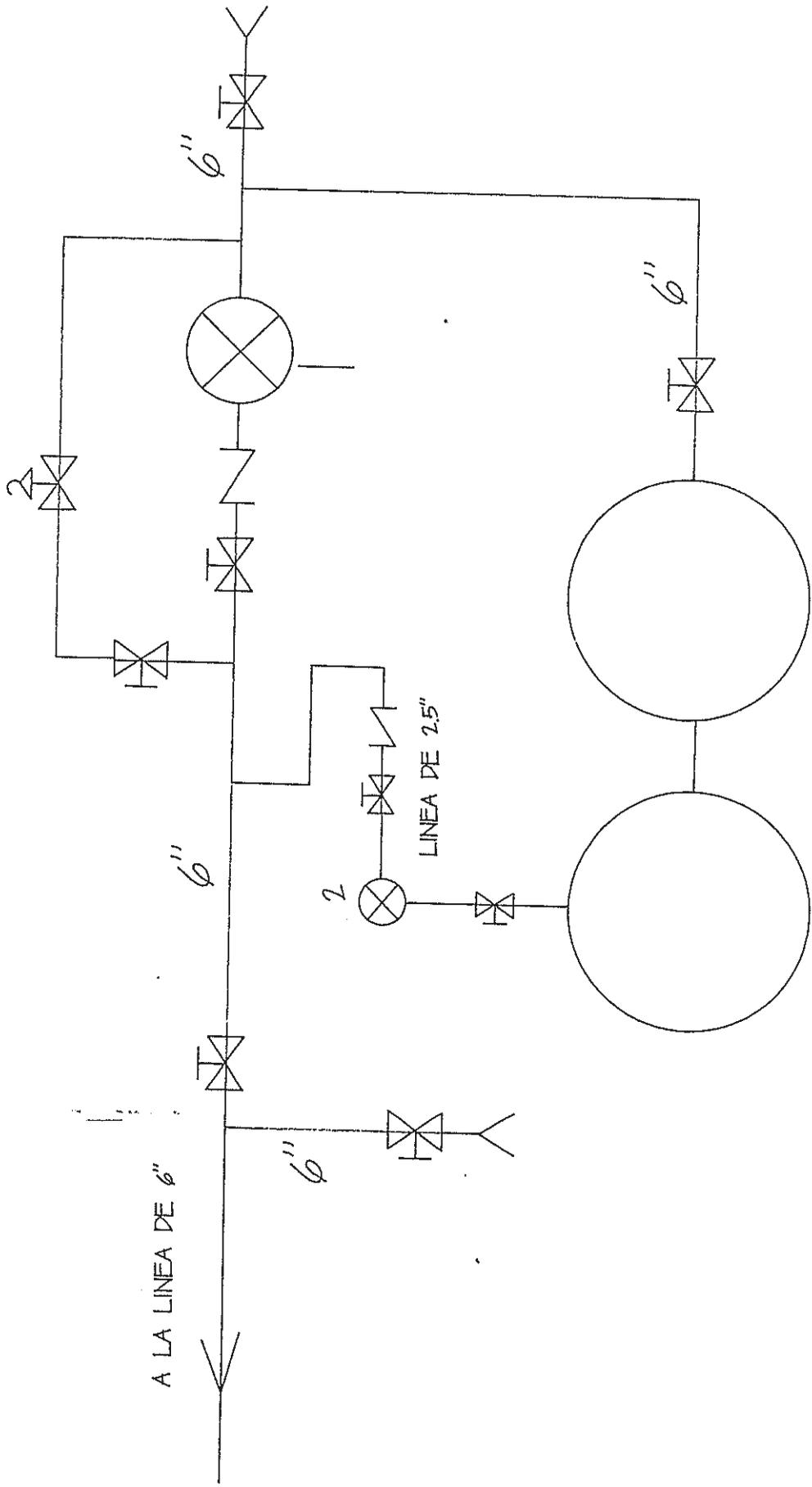
Luego se debió seleccionar la cantidad y capacidad de los pitones que debemos instalar capaces de suministrar dicho caudal.

Como se mencionó anteriormente, es difícil encontrar comercialmente pitones de caudales superiores a los 170 GPM, por lo que fue necesario establecer una determinada combinación de pitones y monitores que me permitiese obtener un caudal de 550 GPM.

Para tal efecto, recurrí a las tablas proporcionadas por los fabricantes de estos accesorios, entre los más conocidos en el medio podemos mencionar a la AKRON y a la ELKHART, compañías norteamericanas dedicadas al diseño y fabricación de nuevos

Presión Nominal	Diámetro Nominal	Diámetro Efectivo	Flujo
(psi)	(pulgadas)	(pulgadas)	(GPM)
100	3/8	-	-
100	1/2	-	-
100	5/8	-	-
100	3/4	-	-
100	7/8	-	-
100	15/16	1/16	-
100	1	1/8	-
100	1 1/8	1/4	25
100	1 1/4	3/8	39
100	1 3/8	1/2	56
100	1 1/2	5/8	73
100	1 3/4	3/4	95
100	2	7/8	118
100	2 1/4	15/16	137
100	2 1/2	1	155

Tabla No. 3 Flujo de Pitones en función de sus Diámetros.

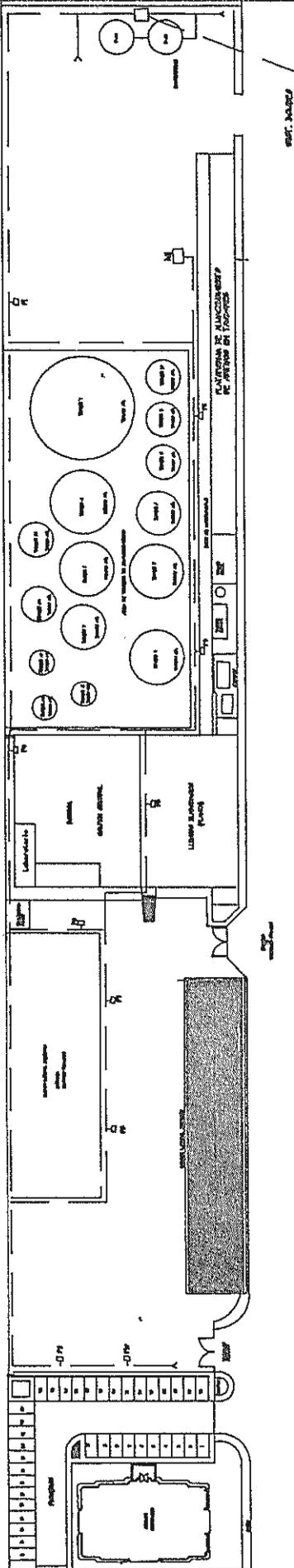


1 Pompa Principal
 2 Pompa "Jockey"

Reservorios

E S P O L	
George Hashem Karoba Tadros	
Esquema del Sist. Bombeo	
Apndice D	Revista 1
Fecha: Agosto/20	8/0
Revista No.	1/1
Revista No.	
Revista No.	
Revista No.	

APENDICE **E**



ESPOL	
George Hashem Karoba Tadros	
Plano Definitivo del Sistema	
Proyecto: Apoteo/23	Escala: 1/500
Almacenamiento 1	1/1

Presión Nominal	Diámetro Nominal	Flujo
(psi)	(pulgadas)	(GPM)
100	1	219
100	1 1/2	244
100	2	276
100	2 1/2	305
100	3	339

Tabla No. 4 Flujo de Monitores en función de sus Diámetros

accesorios para combatir fuegos, quienes se rigen por las normas de la NFPA.

En la Tabla No. 3 resumo los datos obtenidos de ambos fabricantes, los cuales coinciden en gran medida, acerca de las especificaciones técnicas de pitones, en función de sus características. En dicha tabla se detallan los flujos proporcionados por dichos accesorios en función de su diámetro nominal, diámetro efectivo, y presión nominal.

Así mismo, en la Tabla No. 4 se presentan los mismos datos, pero para el caso de los monitores.

Con esta información y conociendo de antemano que la presión nominal del Sistema debía ser de 100 psi, por ser norma de la NFPA, pasé a seleccionar la cantidad de pitones y monitores que debía implementar en la zona correspondiente al Tanque No. 7.

A primera vista hubiese podido escoger 2 monitores de

Accesorio	Cantidad	Diámetro (pulgadas)	Presión (psi)	Q Unit. (GPM)	Alcance (pies)
Pitón	2	2 1/2	100	155	100
Monitor	1	2 1/2	100	305	100
FLUJO TOTAL = $(155 \times 2) + 305 \Rightarrow$				615 ✓	

Tabla No. 5 Combinación de Accesorios para el Tanque No. 7

2 1/2" que me suministrarían un flujo combinado total de 610 GPM, suficientes para cubrir el caudal determinado anteriormente.

Pero esto hubiera resultado muy oneroso, ya que la relación de precios entre un Monitor y un Pitón de diámetros iguales es de 3 a 1, y en algunos casos hasta de 4 a 1.

Entonces, me incliné por escoger una combinación de 2 Pitones de gran capacidad, y un solo monitor de 2 1/2".

En la Tabla No.5 presento el detalle de los accesorios de combate escogidos, donde incluyo adicionalmente el alcance del chorro de descarga, factor muy importante de conocer ya que me permitió establecer las distancias máximas a las cuales deberían estar ubicados los cajetines con manguera, y por ende la distancia entre el punto de combate y la tubería.

El valor de 615 GPM supera el valor teórico establecido previamente, por lo que la combinación de accesorios escogida es la adecuada.

En este punto cabe destacar que para efectos de diseño, he considerado las pérdidas por fricción a lo largo de las mangueras como despreciables, es decir, asumo que la presión de descarga en el pitón es la misma que la presión nominal en las tuberías del Sistema, en este caso, 100 psi.

En efecto, se ha demostrado experimentalmente que las pérdidas por fricción en mangueras textiles, que son las comunmente usadas para combatir incendios, no superan los 5 psi por cada 100 pies de longitud de manguera. La longitud comercial de estas mangueras oscila entre 60 a 80 pies, por lo que en el caso más crítico las pérdidas de presión en una manguera de 80 pies, sería de 4 psi. Es decir, un 4% de la presión en la tubería, lo que consideré despreciable para efectos de mi diseño.

3.4. DISEÑO Y LAYOUT DE TUBERIAS

El siguiente paso del diseño fue hacer una distribución general de cajetines, y un bosquejo general del recorrido de la tubería, verifican-

do que esta abarque la mayor cantidad de área posible.

En el Apéndice C se encuentra el esquema preliminar realizado, en donde apreciamos que el Sistema se compone de una tubería “madre” que parte desde los reservorios de agua y recorre el Perímetro Norte de las instalaciones, llegando hasta el límite entre el área del Edificio Principal y el Patio Delantero.

De esta tubería “madre” se desprenden 3 anillos o ramales cerrados que circundan las áreas de Bodegas, Planta y Tanques de Almacenamiento respectivamente, las cuales son las consideradas de mayor riesgo.

En la mayoría de los casos, en cada uno de estos anillos van ubicados los cajetines con manguera, aunque algunos de ellos se encuentran conectados directamente a la tubería “madre”, como es el caso de los cajetines destinados al Edificio Principal.

En el mismo gráfico se detalla la ubicación de cada uno de estos

Tanque	Accesorios	Flujo Nominal (GPM)	Flujo Sistema (GPM)	V/B
A1	P-4	65	73	OK
A2	P-4	65	73	OK
A3	P-4	65	73	OK
A4	P-4	62	73	OK
A5	P-4	62	73	OK
1	P-3, P-4	179	228	OK
2	P-2, P-3	179	310	OK
3	P-2, P-3	179	310	OK
4	P-1, P-2	233	310	OK
5	P-3, P-4	131	228	OK
6	P-2, P-3	156	310	OK
7	P-1, P-2, M-1	585	615	OK
8,9,10	P-2	40	155	OK

Tabla No. 6 Comparación de Flujos para Tanques de Almacenamiento

cajetines, pitones y monitor, con su respectiva numeración. Además se detallan otros accesorios tales como codos y reducciones. En este punto debí comprobar que la distribución que había realizado era eficaz en el suministro de agua, en especial en el Area de Tanques. En la Tabla No. 6 se comparan los valores de flujo de líquido para cada uno de los tanques, según los requerimientos teóricos y según la distribución realizada por mí. Se especifica como es obvio cuales pitones están asignados a cada tanque, según la numeración del esquema del Apéndice C.

Como se puede observar, el suministro de agua para los tanques supera ampliamente los valores recomendados por la NFPA.

Diámetro de la Tubería. Este viene dado principalmente por las pérdidas por fricción permisibles en la misma. En esta instancia nuevamente debí remitirme a lo que dicta la NFPA, que para estos casos recomienda que estas pérdidas (hf) no sean superiores a los 10 pies por cada 100 de longitud de tubería.

Adicionalmente, debemos conocer el caudal máximo a fluir en la tubería, para poder remitirnos a las tablas respectivas. El flujo máximo viene dado por el flujo de diseño más un factor de sobredimensionamiento. Este flujo de diseño no es nada más que el flujo calculado para combatir el tanque de mayor capacidad. A este valor le apliqué un porcentaje del 10% como factor de servicio, de ahí que el flujo máximo en la tubería (Q) es de aproximadamente 650 GPM.

En la mayoría de los manuales de los fabricantes de bombas podemos encontrar tablas referentes a pérdidas por fricción en tuberías en función del diámetro de las mismas y de su caudal. En la Tabla No. 7, más adelante, encontramos estos datos, a partir de los cuales determiné el diámetro de la tubería “madre”.

Según la tabla, con un diámetro de tubería “madre” de 6”

tenemos:

$$h_f = 3.13 \text{ pies}$$

(por cada 100 pies de longitud)

Por lo que si conocemos que la longitud total de la tubería “madre” es de aproximadamente 1090 pies, y conociendo además que:

$$1 \text{ psi} = 2.31 \text{ pies}$$

Entonces la pérdida total por fricción (h_{ft}) en la tubería de 6” será:

$$h_{ft} = 1090 (3.13/100) (1/2.31) \quad (\text{psi})$$

$$h_{ft} = 14.7 \text{ psi}$$

Para el caso de la tubería correspondiente a los anillos, establecí una relación flujo-diámetro entre esta y la tubería “madre”, para poder determinar un diámetro para ella cuyas pérdidas estén en el mismo rango anterior.

Es así que para un diámetro de 4” corresponde un flujo medio de 260 GPM en los anillos y consecuentemente obtenemos un valor para h_f de 4.3 pies por cada 100 pies de longitud de tubería.

Si la longitud total de los 3 anillos es de aproximadamente 825 pies, entonces bajo el mismo criterio anterior tenemos que para una tubería de 4”:

$$h_{ft} = 15.36 \text{ psi}$$

Es decir que las pérdidas totales en ambas tuberías tendrán valores muy similares, que están dentro del rango permitido.

En este punto creo conveniente explicar como asumí el valor del flujo en la tubería de los anillos. Partí de la hipótesis de un sistema abierto en donde la tubería “madre” de 6” se bifurcaba en dos de 6” y 4”, respectivamente. Consecuentemente el caudal de 650 GPM proporcionado por la bomba se dividirá también entre estas dos tuberías, si asumimos que esta división se realiza en forma proporcional a los diámetros, tenemos que:

$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow 650 \text{ GPM}$$

	Ø 4"	Ø 5"	Ø 6"	Ø 8"
GPM	hf (pies)	hf (pies)	hf (pies)	hf (pies)
200	2.27	0.74	0.30	-
280	4.30	1.38	0.56	-
360	6.92	2.22	0.90	-
450	10.50	3.42	1.37	0.35
650	25.10	7.93	3.13	0.80
800	32.40	10.20	4.03	1.02

Tabla No. 7 Pérdidas por fricción en tuberías (Por cada 100 pies de Longitud)

Diámetro (pulg.)	Distancia (m)
2	4.50
3	5.50
4	6.40
6	8.00

Tabla No. 8 Distancia entre Soportes de Tubería

Donde:

Q_1 = Caudal de Tubería de 6" (GPM)

Q_2 = Caudal de Tubería de 4" (GPM)

Estableciendo una relación de diámetros, determinamos que:

$$Q_2 = 0.67 Q_1 \quad (\text{GPM})$$

Entonces:

$$Q = 1.67 Q_1 \quad (\text{GPM})$$

$$Q_1 = 0.6 Q \Rightarrow 390 \text{ GPM}$$

Por lo que el flujo medio por la tubería de 4" es:

$$Q_2 = (650 - 390) \Rightarrow 260 \text{ GPM}$$

Valor teórico utilizado para el cálculo de las pérdidas por fricción en

esta tubería.

En la Tabla No. 8 presento una información de mucha utilidad referente a la distancia entre soportes de tubería recomendada internacionalmente para implementar según el diámetro de la misma.

Estos datos han sido tabulados en base principalmente a la experiencia y son recomendados por la NFPA para ser implementados en todos los layouts que se sujeten a su consultoría.

Estos están dados para los diámetros de tubería más frecuentemente utilizados y de más fácil acceso en el mercado.

De otro lado, el tipo de soporte a utilizar varía según las características de la tubería, su disposición y entorno, ya que este se debe ajustar al espacio físico y a la accesibilidad en la instalación.

Se recomienda aplicar tanto a la tubería como a los soportes una doble capa de esmalte anticorrosivo *rojo*.

3.5. DISEÑO Y SELECCION DEL SISTEMA DE BOMBEO

Como parte final del proceso de diseño, se tuvo que diseñar y dimensionar el Sistema de Bombeo del Sistema, el cual impulsa y produce el flujo de agua a travez de las tuberías, a un determinado caudal adecuado.

Esta etapa comprendió el diseño, selección y dimensionamiento de los siguientes componentes:

- a) Bomba Principal: Dimensionamiento y selección en función de los requerimientos del Sistema, principalmente caudal y presión.
- b) Bomba “Jockey”: Con criterios de diseño semejantes a los de la Bomba Principal.
- c) Accesorios: Tales como válvulas, reducciones y siamesas, que en conjunto configuran el Sistema de Bombeo del Sistema diseñado.

Bomba Principal. Debe cumplir con un conjunto de requerimientos establecidos por la NFPA, que tienen que ver con sus características mecánicas, y su capacidad. A continuación detallo brevemente los requisitos más relevantes:

- a) Tipo de Bomba: Debe ser centrífuga y de “carcasa partida”. Lo primero para garantizar un manejo tanto de caudal como de presión, ya que bombas del tipo axial o de desplazamiento positivo no están en capacidad de elevar la presión a los niveles requeridos en un Sistema Contra Incendio. Y lo segundo, para efectos de un mantenimiento más sencillo.

- b) Tipo de Motor: Bajo ningún concepto debe ser eléctrico, ya que en caso de un incendio una de las primeras operaciones que se realiza es la de cortar el suministro de energía eléctrica. De ahí que se recomienda que este sea a Diesel, con una velocidad típica de 1780 RPM. Es así que la Bomba deberá estar dotada de un Tanque de Combustible (en este caso Diesel) de una capacidad adecuada para su normal funcionamiento.

c) Capacidad: La NFPA establece que toda bomba destinada a un Sistema Contra Incendio en una Planta Industrial debe tener una capacidad mínima de 500 GPM. De ahí la necesidad de que estas sean de “doble succión”, o dicho de otra manera, deben tener un ancho de paletas superior al convencional.

d) Panel de Control: Debe cumplir con las Normas NEMA, y debe estar dotado de un switch de transferencia que permita cambiar del estado *standby* a control *manual*, en caso de producirse algún desperfecto en el presioestado que acciona y para la Bomba.

Las características anteriormente expuestas son generales, la NFPA publica periódicamente artículos y folletos al respecto, en donde podemos encontrar información muy valiosa acerca de este tema.

Muchos fabricantes de bombas reconocidos internacionalmente, tales como Goulds, ITT y Peerless, tienen divisiones especiales dedicadas al diseño y construcción de Bombas Contra Incendio y se

rigen por las Normas de la NFPA. Todas las marcas anteriormente mencionadas tienen sus respectivos representantes en el Ecuador, quienes brindan asesoría a potenciales clientes.

Es así que el siguiente paso fue dimensionar la capacidad de la Bomba, calculando el Cabezal Dinámico Total (TDH), que viene dado por la presión que deseamos suministrar en el punto más lejano del Sistema, más las correspondientes pérdidas por fricción en la tubería, accesorios, y diferencia de nivel.

Es así que tenemos:

$$\text{TDH} = h_o + h_f + h_a + h_d \quad (\text{pies})$$

Donde:

h_o = Presión Nominal del Sistema

h_f = Pérdidas por fricción en la tubería

h_a = Pérdidas por fricción en los accesorios

h_d = Cabezal de desnivel

Por diseño sabemos que h_o es 100 psi, o su equivalente de 231 pies. El valor de h_f corresponde a la pérdida total por fricción tanto en la tubería de 6" como la de 4", que ha sido previamente calculada y es igual a 70 pies.

El valor de las pérdidas por fricción en los accesorios de la tubería viene dado por la fórmula:

$$h_a = k (v^2/2g) (N) \quad (\text{pies})$$

Donde:

k = Valor medio de las constantes de fricción de cada tipo de accesorio

v = Velocidad del flujo en la tubería (pies/seg).

g = Valor estándar de la gravedad (32.2 pies/seg²).

N = Número de accesorios en la tubería.

El valor de k fue calculado tomando en cuenta 3 tipos principales de accesorios: válvulas, codos y reducciones. Estos valores se pueden encontrar en cualquier libro de Mecánica de Fluídos, y me permitieron llegar a determinar el valor de h_a de la siguiente manera:

$$h_a = (0.13) (0.94) (17) \quad (\text{pies})$$

$$h_a = 2 \text{ pies}$$

✓ Finalmente determiné el valor del cabezal de desnivel, el cual es igual a la diferencia neta de alturas en el recorrido de la tubería, es así que:

$$h_d = 33 \text{ pies}$$

Una vez calculados los valores anteriores, pasé a calcular el Cabezal Dinámico Total:

$$\text{TDH} = (231 + 70 + 2 + 33) \quad (\text{pies})$$

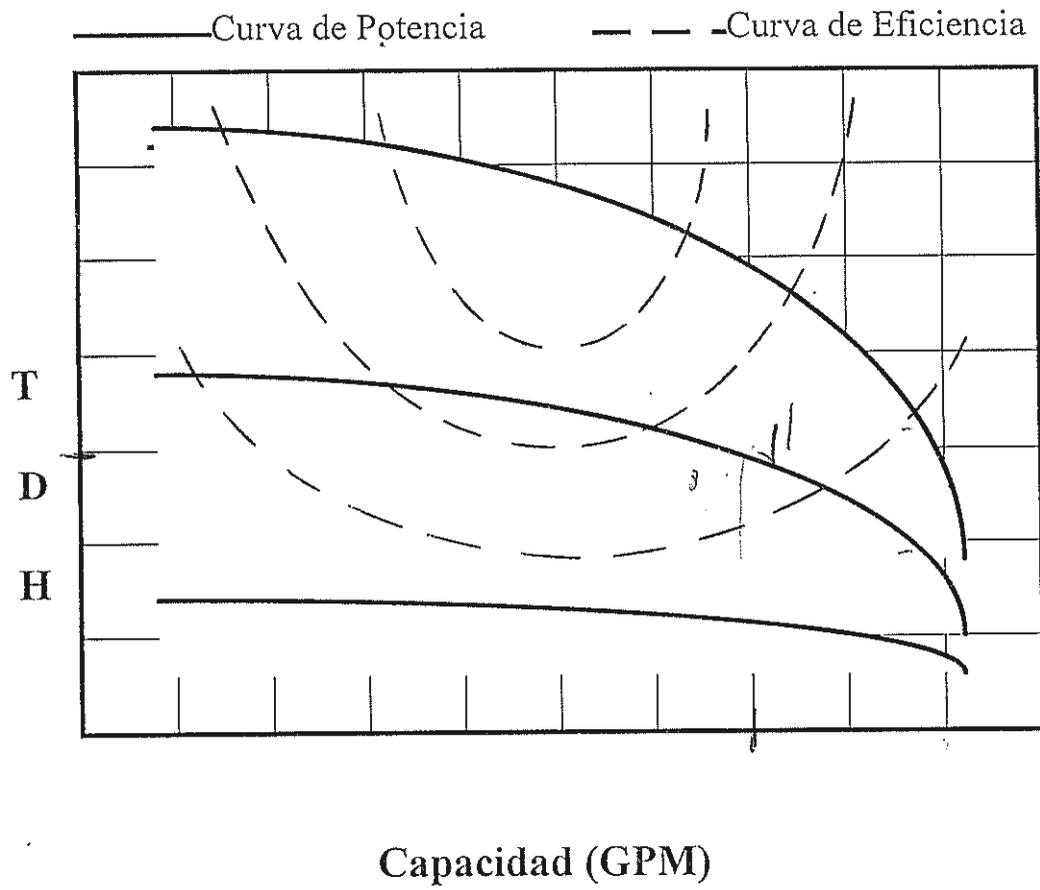


Figura No. 12 Curva de Performance de Bomba

$$\text{TDH} = 336 \text{ pies}$$

Aplicando un factor de servicio del 15% tenemos:

$$\text{TDH} = 336 \text{ (f.s.)} \quad \text{(pies)}$$

$$\text{TDH} = 336 (1.15)$$

$$\text{TDH} = 390 \text{ pies}$$

Con los valores ya conocidos de Capacidad (GPM) y Cabezal (pies) recurrí a los manuales de Curvas de Performance proporcionados por los fabricantes de bombas, en donde, con estos datos, pude obtener la Potencia, Eficiencia y otras características de la bomba escogida, que más adelante detallaré.

En la Figura No. 12 presento un bosquejo de un conjunto de Curvas de Performance típico.

A continuación detallo las características generales de la Bomba Contra Incendio escogida:

Marca: GOULDS

Modelo: 3410 S

Capacidad: 650 GPM

TDH: 390 pies

Tipo: Centrífuga de Carcasa Partida

Motor: A Diesel

Succión: 6"

Descarga: 4"

Ancho de Paletas: 11"

Potencia Nominal (Motor): 100 HP

Potencia al Freno: 70 HP

Eficiencia: 70%

Velocidad del Eje: 1780 RPM

Rango de Trabajo: 70 - 110 psi

La Bomba viene equipada con su respectivo Tanque de Diesel con una capacidad de aproximadamente 200 galones.

Bomba "Jockey". Se denomina así debido a que su función no es

generar un flujo de líquido, sino más bien mantener una determinada presión en la línea del Sistema.

Usualmente es de mucha menor capacidad que la Bomba Principal y además la NFPA recomienda que su motor sea eléctrico ya que esta no está diseñada para entrar en funcionamiento en caso de incendio, sino solamente cuando por alguna razón la presión en las tuberías sufra alguna baja del orden del 10% de la presión nominal del Sistema.

Para su selección se siguió el mismo procedimiento que para seleccionar la Bomba Principal, salvo que para este caso la Capacidad de diseño por regla general se asume como el 7% de la Capacidad de la Bomba previamente seleccionada. Así mismo, por norma se toma el mismo porcentaje para el TDH.

De ahí que la Bomba “Jockey” seleccionada tiene las siguientes características técnicas, además de capacidades y demás datos sobre su funcionamiento:

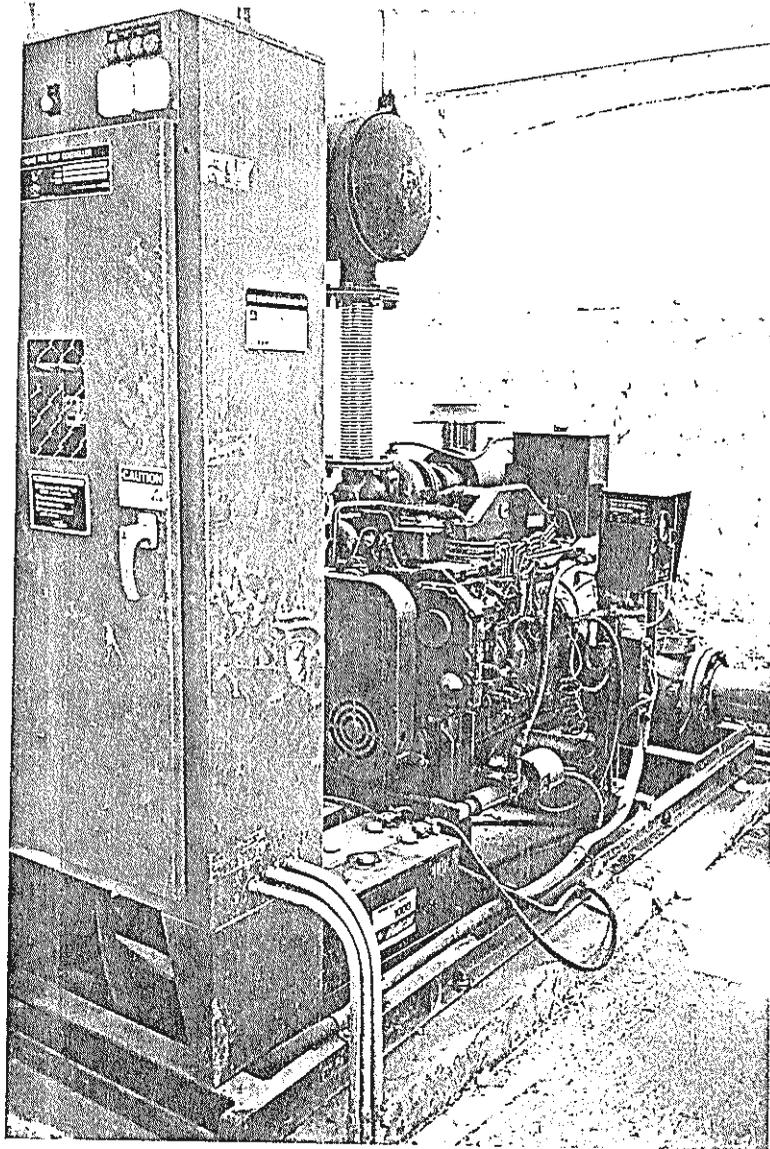


Figura No. 13 Bomba Principal del Sistema Contra Incendio

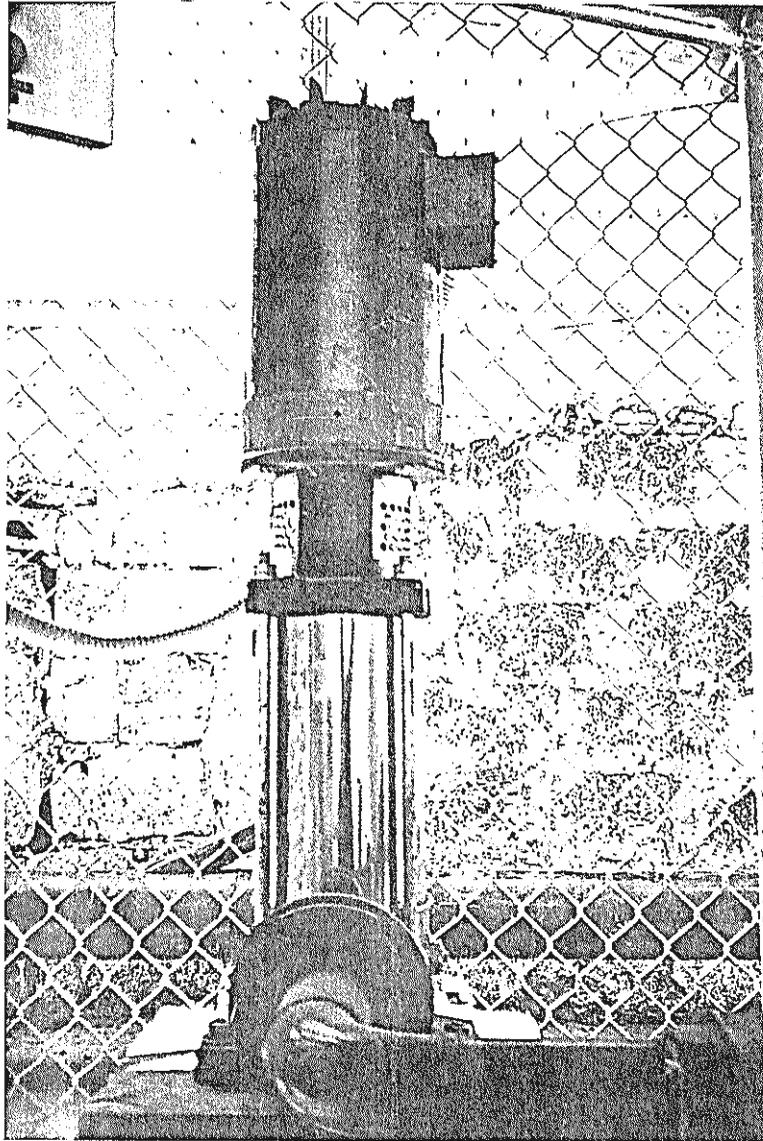


Figura No. 14 Bomba "Jockey"

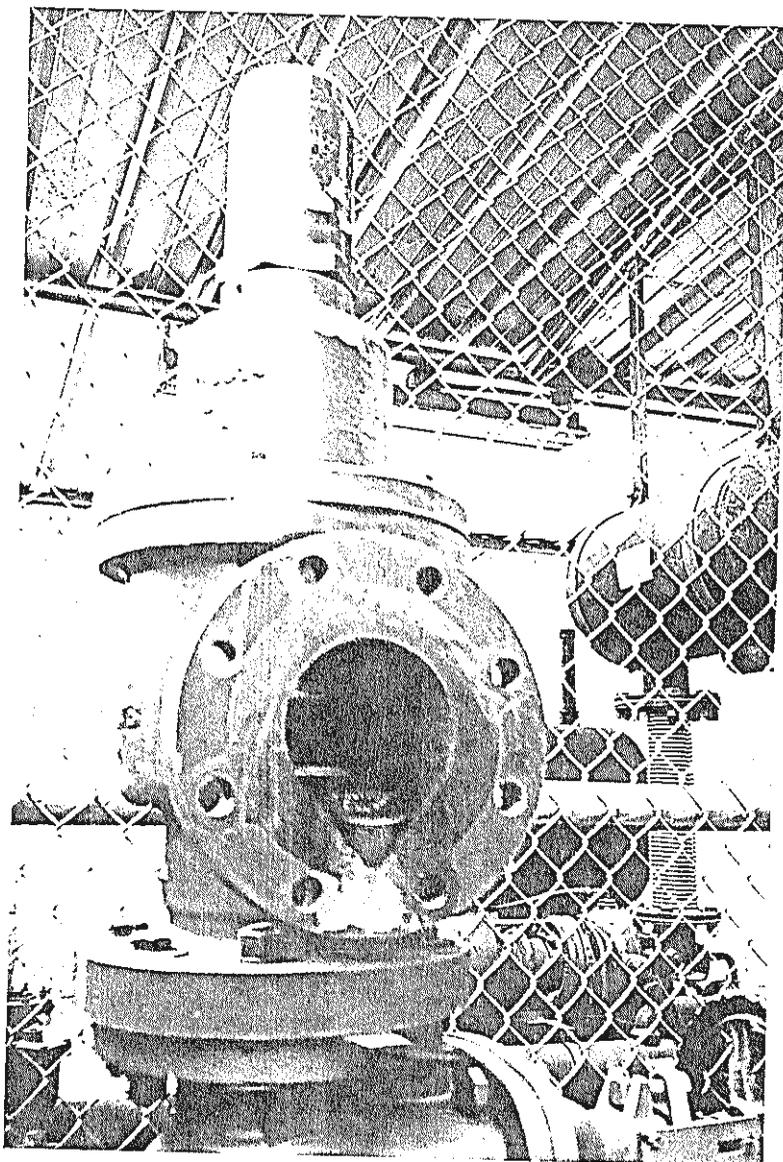


Figura No.15 Válvula de Alivio de 6"

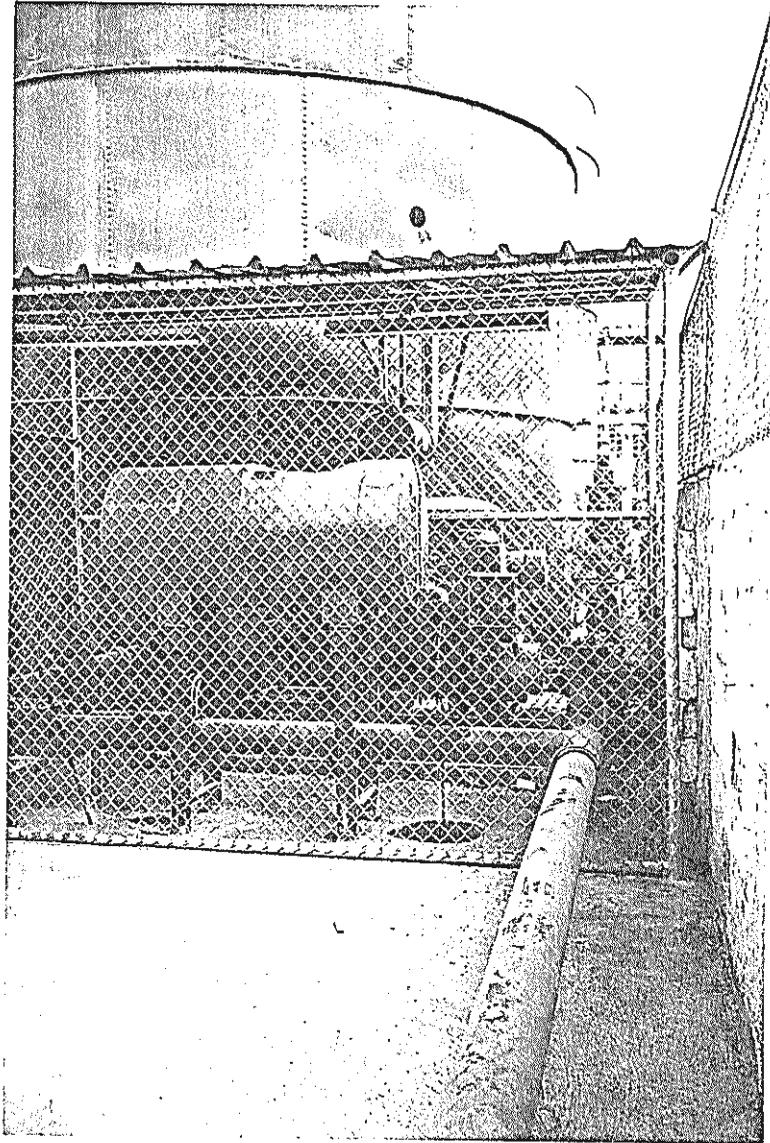


Figura No. 16 Caseta de Bombas

Marca: GOULDS

Modelo: 15VB

Capacidad: 50 GPM

TDH: 30 pies

Tipo: Vertical

Motor: Eléctrico

Conexiones: 1 1/4"

Potencia: 3 HP

Voltaje: 220V/440V, 3 ϕ

Rango de Trabajo: 90 - 100 psi

Se entiende que ambas bombas deben tener sus respectivos presiostatos calibrados para los rangos de trabajo de cada una.

En las Figuras No. 13 y No. 14 encontramos fotografías de las Bombas instaladas para el Sistema. Cabe mencionar que se recomendó implementar una Caseta para la Bomba Principal, su Panel de Control y el Tanque de Diesel para protegerlos de la intemperie.

Fue imprescindible incluir en el diseño una válvula de alivio (Figura No. 15) para evitar cualquier exceso de presión que exceda el valor nominal del Sistema, con su respectiva línea de recirculación o retorno a la tubería. Esta válvula se abre automáticamente cuando la presión excede los 120 psi, es decir, un 20% de la presión de trabajo.

Debido a que la descarga de la Bomba Principal es de 4", se debió implementar una reducción de 6" a 4" para conectar la Bomba a la tubería "madre". En la Figura No. 16 se observa la Caseta de Bombas construída para albergar las 2 bombas, con sus respectivos paneles y demás accesorios del Sistema de Bombeo.

3 . 6 . PLANO DEFINITIVO

Una vez concluído el proceso de diseño este debió ser soportado por un Plano o Implantación General (ver Apéndice E), en dónde se detallan todos los componentes del Sistema. Este Plano está hecho a la misma escala del Plano general de las Instalaciones.

CAPITULO 4

COSTOS DE INSTALACION

Si bien no forma parte del proceso de diseño, he considerado conveniente incluir en este Capítulo Final de la presente Tesis, la lista de equipos, tubería y accesorios varios necesarios para instalar e implementar el Sistema diseñado.

Además, incluyo también un presupuesto no definitivo de los costos de materiales y mano de obra correspondientes a los trabajos de instalación, todo esto con el afán de brindar una información más completa al respecto, y para dar una idea de la inversión necesaria para implementar un Sistema Contra Incendio en una Planta de Lubricantes en los actuales momentos.

4.1. LISTADO DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

Lo he dividido en 3 grandes grupos:

- a) Sistema de Bombeo: Comprende las bombas propiamente dichas, y los materiales correspondientes a la base y caseta.

- b) Tubería: Esta parte comprende no sólo la tubería, sino codos, tees, bridas, reducciones y soportes.

- c) Accesorios: Comprende válvulas, siamesas, acoples, cajetines, mangueras, pitones y monitores.

En la Tabla No. 9 se resume el listado de accesorios para cada uno de los grupos, indicando la unidad y cantidad total para cada rubro.

4.2. PRESUPUESTO TENTATIVO

Así mismo, en la Tabla No. 10 presento un presupuesto preliminar en donde incluyo tanto lo referente a equipos y materiales, como lo referente a la mano de obra. Los valores asignados a cada rubro corresponden a precios referenciales a la fecha de terminado el diseño y no deben ser considerados como definitivos..

SISTEMA DE BOMBEO	UNIDAD	CANTIDAD
Bomba Principal	1	1
Bomba Jockey	1	1
Cajeta de Bombas (Steel Panel)	m2	52
Base de Hormigón Armado	m3	5
Tanque de Combustible	Gal	200
TUBERIA	UNIDAD	CANTIDAD
Tubería de 6" Ced. 40	m	330
Tubería de 4" Ced. 40	m	260
Tubería de 2 1/2" Ced. 40	m	50
Tubería de 1 1/2" Ced. 40	m	36
Reducción de 6"- 4"	1	9
Codo de 6"	1	7
Codo de 4"	1	6
Tee de 6"	1	4
Tee de 4"	1	10
Brida de 6" (Soldable)	1	12
Soportes para tubería	1	80

Tabla No. 9 Listado de Equipos y Accesorios

ACCESORIOS	UNIDAD	CANTIDAD
Válvula de Compuerta de 6" (Bridada)	1	6
Válvula Check de 6" (Bridada)	1	1
Válvula de Alivio de 6" (Bridada)	1	1
Válvula de Compuerta de 2 ½" (Bridada)	1	2
Válvula Check de 2½" (Bridada)	1	1
Siamesa de 4" - 2"	1	3
Cajetín de Manguera	1	10
Manguera de 2 ½" (con acoples)	1	5
Manguera de 1 ½" (con acoples)	1	5
Pitón de 2 ½"	1	5
Pitón de 1 ½"	1	5
Monitor de 2 ½"	1	1
Base para el Monitor	1	1
Generador de Espuma de 2 ½"	2	2
Tambores de Espuma de 55 Galones	1	17

Tabla No. 9 Listado de Equipos y Accesorios (Continuación)

SISTEMA DE BOMBEO	COSTO (Suces)
Costo de Bombas (2)	120'000.000
Montaje de Bombas y Base de Hormigón	1'120.000
Costo de Materiales de Caseta de Bombas	2'465.000
SubTotal	123'585.000
TUBERIAS	
Costo de Línea de 6" (Completa)	35'240.000
Costo de Línea de 4" (Completa)	19'120.000
Costo de Instalación de Tubería (Total)	11'500.000
SubTotal	65'860.000
ACCESORIOS	
Costo Total de Válvulas	19'210.000
Costo Total de Accesorios de Combate	12'130.000
Costos de Instalación de estos Rubros	2'350.000
SubTotal	33'690.000
TOTAL GENERAL	223'135.000

Tabla No. 10 Presupuesto Tentativo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Tesis desarrollada se circunscribió exclusivamente a detallar el proceso que seguí para diseñar y dimensionar los distintos componentes de el Sistema Contra Incendio, se podría destinar una Tesis completa solamente al proceso de selección de elementos, instalación, calibración y análisis de costos, por lo que he creído conveniente no tratar estos tópicos ya que esto hubiese resultado muy voluminoso, y se hubiera perdido la perspectiva que he querido darle a la Tesis.

Es así que puedo concluir lo siguiente:

- a) En estos tipos de diseño es necesario regirse de normas internacionalmente establecidas, que se combinan con nuestros conocimientos para poder llegar a un Sistema que sea eficiente desde el punto de vista mecánico, y que a su vez cumpla con los requerimientos mínimos que dicta la NFPA.

- b) Aquí en el Ecuador estamos en plena capacidad de efectuar un diseño

de este tipo, además de la instalación y montaje. Es decir, poseemos mano de obra calificada para llevar a cabo proyectos como el que nos ocupa.

- c) La puesta a punto del Sistema, efectuada también por personal nacional, es motivo y materia de otro desarrollo ingenieril como resultado de este proceso.
- d) Se debe combinar las herramientas ingenieriles que tenemos con el sentido común e imaginación, para poder preveer lo que sucedería en caso de presentarse un flagelo, y poder determinar las zonas más críticas a ser protegidas.
- e) Una vez puesto en funcionamiento el Sistema, las pruebas realizadas fueron satisfactorias al lograrse la seguridad recomendada y necesaria.

De otro lado, puedo recomendar los siguientes puntos:

- a) Recomiendo que toda instalación como ésta debe ir acompañada

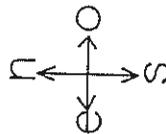
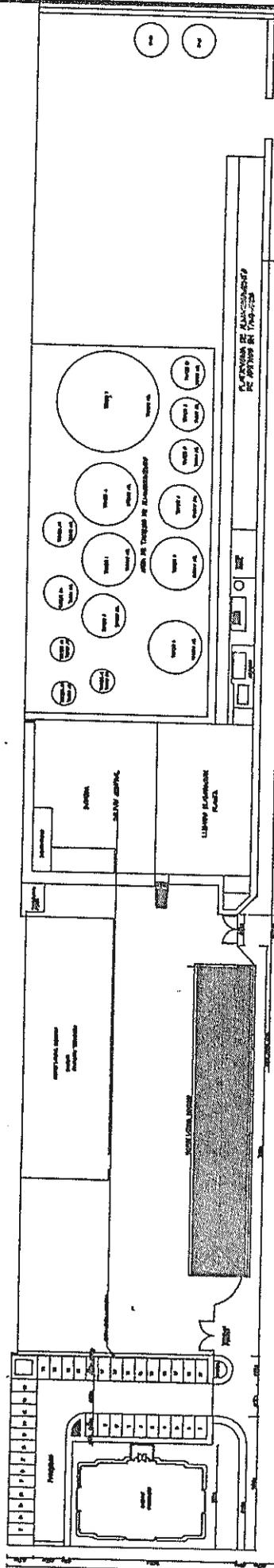
de un continuo adiestramiento del personal, ya que como dije al comienzo de la presente Tesis, no sirve de nada tener el Sistema Contra Incendio más eficiente, o el mejor diseñado, si no tenemos personas que en un momento de emergencia dado pueda operarlo de manera segura y eficaz.

- b) Si bien es cierto que el diseño se realizó en base a las normas internacionales de la NFPA, debemos en lo posible de adaptarlas a nuestro medio, a nuestra realidad, que no es necesariamente la misma de otros países más desarrollados. Por ejemplo, desgraciadamente aquí en el Ecuador el tiempo de respuesta del Cuerpo de Bomberos es mucho mayor que el de los Estados Unidos.
- c) Así mismo, se podría evaluar la posibilidad de implementar una bomba principal eléctrica en lugar de una a Diesel, ya que éstas son más fiables y eficientes. Esto estaría supeditado a que la Planta cuente con un generador de emergencia que alimente dicha bomba.

APENDICES

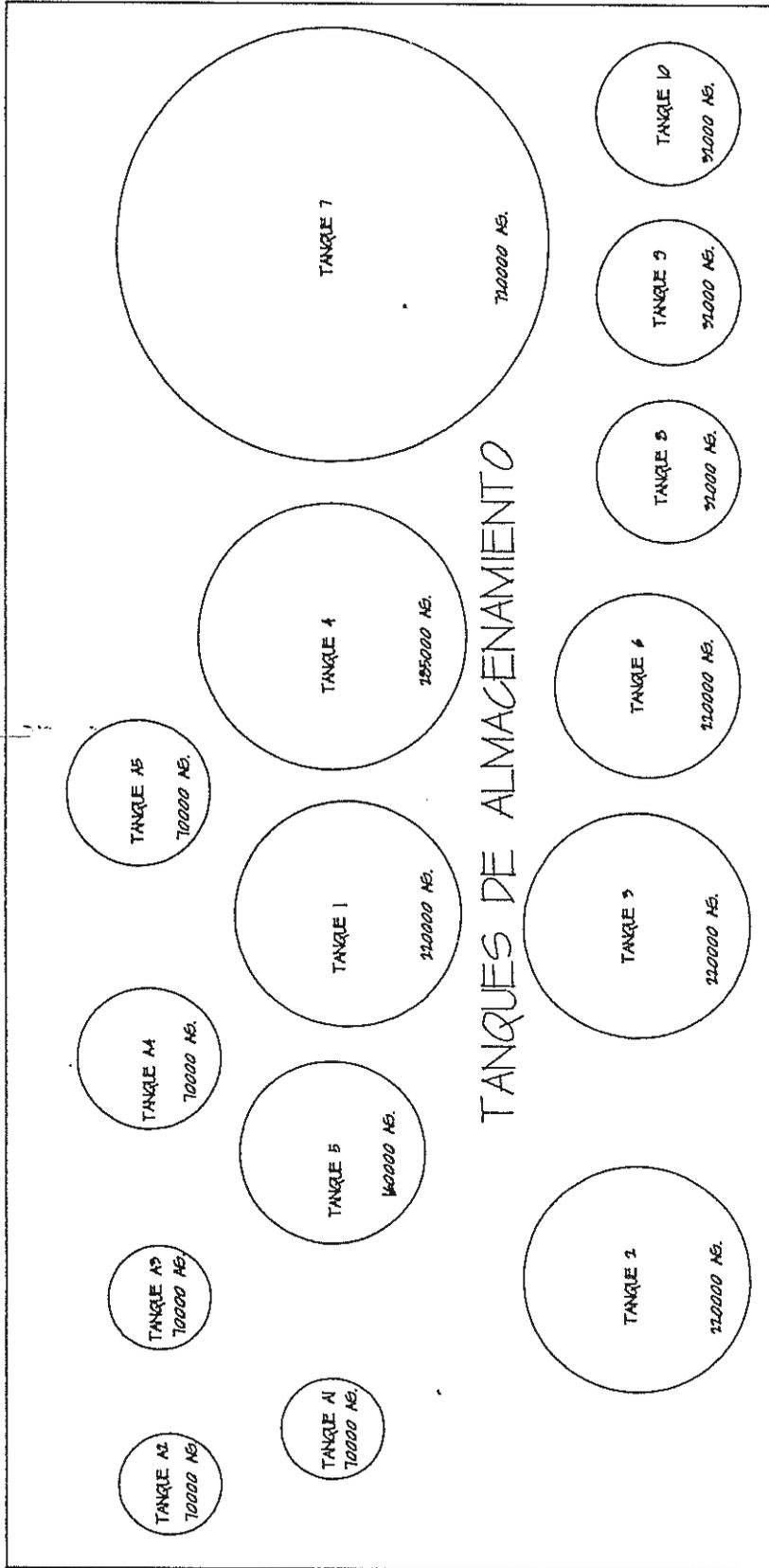
- Apéndice A Plano General de las Instalaciones
- Apéndice B Plano del Area de Tanques de Almacenamiento
- Apéndice C Layout de Tuberías del Sistema
- Apéndice D Esquema del Sistema de Bombeo
- Apéndice E Plano Definitivo del Sistema

APENDICE A



ESPOL	
George Hashem Karoba Tadros	
Plano General de las Instalaciones	
Proyecto: Edificio / No	Revisión: No.
1/1	1/1

APENDICE **B**



TANQUES DE ALMACENAMIENTO

E S P O L	
George Hashem Karoba Tadros	
Plano del Area de Tanques	
Fecha: Agosto/93	Escala: 1/200
Hoja: 1	Hoja Total: 1/1

APENDICE C

Reservorios



6"



P1 2.5"

6"-4"

6"-4"

6"-4"

6"-4"

6"-4"

6"-4"

6"-4"

6"-4"

6"

M1

2.5"

2.5"

2.5"

2.5"

2.5"

2.5"

2.5"

2.5"

Planta

Area de Tanques

Area de Bodegas

Patio Delantero

Area de Edificio Principal

P2

2.5"

P3

2.5"

P4

1.5"

P5

1.5"

P6

1.5"

P7

2.5"

P8

2.5"

P9

1.5"

P10

1.5"

ESPOL
George Hashem Karoba Tadros

Layout de Tuberías del Sistema

Apndice C

Agencia/PS

Rev. 1/0

1/1

APENDICE **D**

BIBLIOGRAFIA

1. SIPCO Ltd. *Shell Marketing Safety Code*, Parte 7, Londres, 1982
2. DUQUE, César. *Protección Contra Fuegos en Empresas*, Insepeg Ltda. Guayaquil, 1994.
3. ELKHART. *Fire Fighting Equipment*, Catálogo T, Elkhart Brass Inc. Indiana, 1995.
4. AKRON. *The Equipment of Choice by Fire Fighters Worldwide*, Part 1, Akron Brass Co., Ohio, 1996.
5. GOULDS. *Manual de Bombas*, 5ta Edición, GPM 5, Goulds Pump Inc., Vermont, 1988.
6. FOX, R.W. & MCDONALD, A. *Introducción a la Mecánica de Fluidos*, 2da Edición, Mc Graw-Hill, México, 1990.