



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

REESTRUCTURACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DEL CURSO DE PLANTAS DE VAPOR

Julio Alberto Recinos Orellana

Asesorado por el Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza

Guatemala, septiembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REESTRUCTURACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO
DEL CURSO DE PLANTAS DE VAPOR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JULIO ALBERTO RECINOS ORELLANA

ASESORADO POR EL ING. GILBERTO ENRIQUE MORALES BAIZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Raúl Guillermo Izaguirre Noriega
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REESTRUCTURACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DEL CURSO DE PLANTAS DE VAPOR,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 10 de agosto de 2007



Julio Alberto Recinos Orellana

Guatemala, 20 de agosto del 2008


Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Coordinador del Área de laboratorios
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

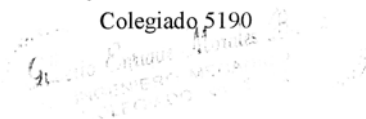
Señor Coordinador:

Me dirijo a usted para dar por concluida la tesis que se titula
**“REESTRUCTURACION DE LAS PRACTICAS DEL LABORATORIO DEL
CURSO DE PLANTAS DE VAPOR”**, el cual fue elaborado por el alumno Julio
Alberto Recinos Orellana con carne 1998-23347.

Por lo como asesor, recomiendo su aprobación.

Atentamente


Ingeniero Gilberto Enrique Morales Baiza
Colegiado 5190



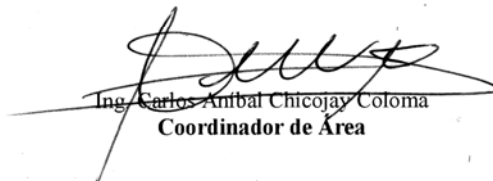
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Área de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado REESTRUCTURACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DEL CURSO DE PLANTAS DE VAPOR, del estudiante Julio Alberto Recinos Orellana, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Ambal Chicojay Coloma
Coordinador de Área

Guatemala, agosto de 2008.

/behdei

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Laboratorios al Trabajo de Graduación titulado REESTRUCTURACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL CURSO DE PLANTAS DE VAPOR, del estudiante **Julio Alberto Recinos Orellana**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, septiembre de 2008.

/behdei

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 298.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **REESTRUCTURACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL CURSO DE PLANTAS DE VAPOR** presentado por el estudiante universitario **Julio Alberto Recinos Orellana** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, Septiembre de 2008



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

MI ABUELITA

María Luisa Orellana (D.E.P.)

MIS PADRES

Julio Alberto Recinos Asturias y Paz Abigail Orellana

MI ESPOSA

Ligia Ivonne Aguirre

MIS HIJOS

Karla María y José Luís

MIS HERMANOS

María Luisa, Ana María y René David

TODOS MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por haberme dado la vida, sabiduría, inteligencia y todo lo indispensable para concluir mi carrera y lograr este éxito.

MI ABUELITA

María Luisa Orellana Murillo (D.E.P.), Por darme amor, educación y el aliento necesario para lograr mis metas.

MIS PADRES

Julio Alberto Recinos y **Paz Abigail Orellana**, por su amor, enseñanzas y creer en mí, apoyándome en todo momento.

MIS HERMANOS

María Luisa, René David y Ana María, por el amor, apoyo, y consejos brindados a lo largo de mi vida.

ING. GILBERTO MORALES

Por su amistad y haberme asesorado en este trabajo de graduación.

ING. FREDY MONROY

Por su amistad, apoyo y consejos brindados.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. TECNOLOGÍA DIDÁCTICA DEL LABORATORIO	1
1.1. Perfil del catedrático a impartir el curso	2
1.2. Metodología del desarrollo del laboratorio	2
1.2.1. Número de prácticas de laboratorio	2
1.2.2. Desarrollo de las prácticas de laboratorio	2
1.2.3. Forma de evaluación	3
2. PRÁCTICA 1: FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA DE VAPOR	5
2.1. Introducción	5
2.2. Objetivo de la práctica	5
2.3. Materiales y equipo	6
2.4. Metodología de trabajo	6
2.5. Desarrollo de la práctica: funcionamiento de una caldera	6
2.6. Clasificación de las calderas según el flujo del gas	7
2.6.1. Caldera Piro tubular	7
2.6.2. Caldera Acuatubular	7
2.7. Accesorios propios de la caldera	9
2.7.1. Hogar y horno	9
2.7.2. Anillo	9
2.7.3. Cuerpo	9
2.7.3.1. Cámara de agua	10

2.7.3.2.	Cámara de vapor	10
2.7.3.3.	Superficie de calefacción	10
2.7.3.4.	Superficie de vaporización	10
2.7.4.	Quemador	10
2.7.5.	Sistema de ignición	12
2.7.6.	Chimenea	12
2.7.7.	Válvula de seguridad	13
2.7.8.	Manómetro	13
2.7.9.	Indicador de nivel del agua	14
2.7.10.	Puerta delantera	14
2.7.11.	Pirómetro	14
2.8.	Conclusiones	14
2.9.	Investigación	15
3.	PRÁCTICA 2: ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR	17
3.1.	Introducción	17
3.2.	Objetivos	17
3.3.	Materiales y equipo	17
3.4.	Metodología de trabajo	17
3.5.	Condensadores	18
3.5.1.	Condensadores de superficie	18
3.5.2.	Condensadores de chorro	20
3.6.	Bombas	21
3.6.1.	Selección de una bomba	23
3.7.	Válvulas	25
3.7.1.	Válvula de casquete roscado	26
3.7.2.	Casquete de unión	26
3.7.3.	Casquetes anillados	27

3.7.4. Casquetes a presión	27
3.7.5. Vástago con rosca interior	27
3.7.6. Disco de cierre partido	27
3.7.7. Válvula de compuerta	27
3.7.8. Vástago inclinado o en Y	28
3.7.9. Válvula de aguja	28
3.7.10. Válvula de retención o válvula cheque	29
3.8. Tubería	29
3.8.1. Condiciones de presión	29
3.8.2. Retorno de condensado	30
3.8.3. Diseño de la tubería	30
3.9. Aislamientos	31
3.10. Conclusiones	32
3.11. Investigación	33
4. PRÁCTICA 3: ENCENDIDO Y APAGADO DE UNA CALDERA	35
4.1. Introducción	35
4.2. Objetivos de la práctica	35
4.3. Materiales y equipo	35
4.4. Metodología de trabajo	35
4.5. Encendido de una caldera	36
4.5.1. Pasos para el encendido de una caldera	36
4.6. Apagado de una caldera	54
4.7. Conclusiones	56
4.8. Investigación	56
5. PRÁCTICA 4: TIRO Y CHIMENEAS	57
5.1. Introducción	57
5.2. Objetivos de la práctica	57

5.3. Materiales y equipo	58
5.4. Metodología	58
5.5. Chimeneas.	58
5.6. Clasificación de las chimeneas	59
5.6.1. Forma de funcionamiento	59
5.6.2. Por el material	59
5.6.3. Por la forma constructiva	59
5.6.4. Por el número de usuarios	60
5.7. Tiro natural	60
5.8. Tiro mecánico	63
5.9. Conclusiones	64
5.10. Investigación	64
6. PRÁCTICA 5: TURBINAS DE VAPOR	67
6.1. Introducción	67
6.2. Objetivos	67
6.3. Materiales y equipo	67
6.4. Metodología de trabajo	68
6.5. Turbinas vapor	68
6.6. Clasificación de las turbinas de vapor	69
6.6.1. Turbinas de acción	69
6.6.2. Turbinas de reacción	69
6.7. Elementos de una turbina de vapor	70
6.8. Conclusiones	74
6.9. Investigación	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Caldera pirotubular	8
2	Caldera acuotubular	9
3	Partes de una caldera	11
4	Accesorios de una caldera	12
5	Válvula de seguridad	13
6	Condensador de superficie	19
7	Bomba centrífuga	22
8	Bomba rotativa tipo pistón	23
9	Válvula de casquete roscado	26
10	Caldera básica de vapor	37
11	Flujo de aire de combustión	38
12	Tanque receptor aire – aceite	39
13	Bomba de aire detallada	40
14	Quemador aceite – gas	42
15	Diagrama esquemático del flujo de aceite pesado	47
16	Diagrama esquemático del flujo de aceite liviano	48
17	Sistema de precalentamiento del aceite	51
18	Sistema de tiro natural	63
19	Turbina	70
20	Rotor	71
21	Mecanismo de unión de los alabes de rotor al eje del mismo	72
22	Estator	73
23	Toberas	74

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue elaborado con el objetivo de proporcionar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, una herramienta básica e importante que no sólo ayudará a los estudiantes en el curso de Plantas de Vapor como material de apoyo adicional en la comprensión de los conceptos y definiciones que se estudian en clase, sino que, también le ayudará a tener mas aplomo y confianza al momento de desempeñarse en sus actividades laborales, gracias a su conocimiento teórico-práctico en uno de los equipos ampliamente utilizados en la red hospitalaria, red hotelera e industria manufacturera del país.

Este trabajo de graduación se divide en seis capítulos, donde, el primer capítulo explica la metodología, forma de evaluación y personal que impartirá las prácticas de laboratorio. Los próximos cinco capítulos es la parte descriptiva de las pruebas de laboratorio a realizarse.

Dentro de las prácticas de laboratorio se encuentran el arranque y apagado de una caldera, accesorios internos y externos, equipos auxiliares, turbinas y tiro para evacuación de gases.

Las tareas o teorías que aquí se presentan son teórico-prácticas y se seleccionaron principalmente para ejemplificar la aplicación de la teoría presentada en el curso de Plantas de Vapor, para ayudar a que los estudiantes conozcan y se familiaricen con los distintos equipos y controles referentes a calderas.

OBJETIVOS

General

Reestructurar el las prácticas de laboratorio de el curso de Plantas de Vapor, que sirva de soporte de la clase teórica para proveer una mejor comprensión de los conceptos y definiciones aprendidos en clase.

Específicos

1. Implementar un cambio en prácticas de laboratorio del curso de Plantas de Vapor para una mejor preparación académica
2. Recopilar el material práctico sobre generación de vapor, funcionamiento eficiente y diseño de calderas.
3. Proporcionar las herramientas necesarias para lograr una operación y funcionamiento eficiente en calderas.
4. Contribuir a la capacitación de los futuros profesionales de la carrera de Ingeniería Mecánica mediante prácticas de laboratorio supervisadas.
5. Proporcionar formas de creación de energía mecánica a través de fuentes alternas a los combustibles fósiles.
6. Implementar formas de ahorro de energía por medio de aplicación de accesorios y equipos que mejoran la eficiencia y eficacia de las calderas.

INTRODUCCIÓN

Para la operación de una central térmica es necesario conocer los principios básicos de un generador de vapor, los accesorios propios de la caldera, su funcionamiento y demás componentes. Basado en lo anterior es que se elaboró este trabajo de graduación. REESTRUCTURACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DEL CURSO PLANTAS DE VAPOR, para que los ingenieros y estudiantes de Ingeniería tengan información clara y práctica, sobre los generadores de vapor, tratando así en una forma ilustrativa las partes más importantes de un generador de vapor, así como las recomendaciones y consideraciones del caso.

Las múltiples aplicaciones de los generadores de vapor en la industria, se han incrementado a pasos agigantados, por su máximo rendimiento y por que se ajustan a las condiciones del medio, por lo que se abordó este tema.

El contenido del presente trabajo trata específicamente sobre: conocimiento de la caldera de vapor, accesorios del sistema de distribución de vapor, funcionamiento de la caldera de vapor, sistemas de protección y mantenimiento para su mejor aplicación dentro del campo de la industria, logrando los efectos deseados de manera que se ha utilizado la bibliografía adecuada, conjuntamente con los conocimientos teóricos y prácticos que provienen de un criterio profesional, además de la experiencia reunida por técnicos y fabricantes relacionados con el tema.

Teniendo como objetivo principal que este trabajo se tome en cuenta para reestructurar e implementar el laboratorio del curso “Plantas de Vapor”.

1. TECNOLOGÍA DIDÁCTICA DEL LABORATORIO

Al inicio de la década de los noventas, el curso de Plantas de Vapor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala contaba con una clase teórica de 50 minutos los días lunes, miércoles y viernes y una cesión de laboratorio cada quince días donde se realizaban prácticas con una caldera acuatubular, pero con el pasar el tiempo este laboratorio desapareció. Hoy en día la clase es puramente teórica contando con escasas visitas técnicas.

Plantas de Vapor se encuentra en el pensum de estudios como curso profesional del Área Térmica, donde se analiza y se aplica directamente los conocimientos de los prerrequisitos Termodinámica I y II.

Para realizar las prácticas es necesario cambiar la tecnología didáctica del mismo, dando un enfoque centrado en que el estudiante obtenga los conocimientos mínimos para el uso de una caldera.

La caldera mas recomendada para este se encuentra en el edificio T-5, ya que su compra e instalación fue con el fin de la realización de prácticas para los estudiantes del área térmica.

Para lograr un aprendizaje integral en los estudiantes del curso de plantas de vapor, se debe contar con un instructor o docente que dirija correctamente y logre los objetivos de cada práctica, por lo que a continuación se define el perfil necesario para dirigir las prácticas de laboratorio.

1.1 Perfil del catedrático del laboratorio

El catedrático del laboratorio deberá llenar los siguientes requisitos:

Nivel cognoscitivo.

- a) Ingeniero Mecánico
- b) Experiencia en el manejo de calderas
- c) Dominio del área térmica
- d) Experiencia Docente

Nivel actitudinal

- a) Ser puntual
- b) Poseer habilidad de trabajar en equipo
- c) Tener capacidad de coordinar grupos grandes
- d) Ser objetivo en la evaluación de los alumnos del laboratorio.

1.2 Metodología del desarrollo del laboratorio

La metodología del laboratorio del curso de Plantas de Vapor será de la siguiente forma:

1.2.1 Número de prácticas de laboratorio por semestre

Se realizarán 5 prácticas dentro del laboratorio por semestre, cada una de ellas se llevará a cabo en un período de 50 minutos.

1.2.2 Desarrollo de las prácticas de laboratorio

Cada práctica se desarrollará en dos fases. En la primera fase, el docente expondrá los objetivos, forma de desarrollo y requerimientos mínimos esperados en el laboratorio. En la segunda fase, el estudiante mediante la guía obtenida en la primera fase desarrollará por medio de la observación y la experimentación las prácticas asignadas.

Al finalizar la práctica cada alumno realizará un Informe de laboratorio que tenga los siguientes requerimientos:

- Carátula
- Introducción
- Objetivos generales y específicos
- Desarrollo de la práctica
- Conclusiones
- Anexos

La ponderación de cada parte del Informe se calificara de la siguiente manera:

- | | |
|-------------------------------------|-----|
| • Introducción | 15% |
| • Objetivos generales y específicos | 20% |
| • Desarrollo de la práctica | 30% |
| • Conclusiones | 25% |
| • Anexos | 10% |

Al iniciar cada práctica se realizará un examen corto donde se evaluará todo el contenido del reporte entregado ese día.

1.2.3 Forma de evaluación

La evaluación del laboratorio quedará distribuida de la siguiente manera.

- | | |
|-------------------------------|-----|
| • Asistencia a laboratorios | 10% |
| • Exámenes cortos | 20% |
| • Informe de Laboratorios | 20% |
| • Investigaciones | 20% |
| • Examen final de laboratorio | 30% |

Las investigaciones se entregarán antes de iniciar las prácticas y serán requisito para realizar las pruebas cortas.

2. PRÁCTICA 1: FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA DE VAPOR

2.1 Introducción

Las calderas son dispositivos industriales de gran aplicabilidad en la industria a nivel mundial; su objetivo principal es el de generar energía en forma de calor que pueda luego ser aprovechado en diferentes secciones del proceso. Esta energía es transferida en forma de vapor, el cual puede ser aprovechado para una gran diversidad de usos. Se conduce a través de tuberías, las cuales deben encontrarse aisladas, hacia los diferentes puntos del proceso. Entre las aplicaciones mas importantes en Guatemala del uso del vapor generado en las calderas están: generación de potencia (plantas eléctricas), evaporación de soluciones de sal y azúcar en evaporadores, utilización del vapor en intercambiadores de calor para calentar diversas soluciones, se utiliza en la industria textil, en hoteles y en hospitales; estos últimos utilizan gran cantidad de vapor para realizar esterilización de materiales.

Dependiendo del tipo de proceso que se utilizará así será la caldera a instalar; en la actualidad es verdaderamente abrumadora la cantidad de equipos de este tipo que se construyen e instalan; sin embargo una clasificación general ayudará a determinar que tipo de equipo es el mas adecuado para el proceso.

2.2 Objetivos de la práctica

- Conocer el funcionamiento de una caldera
- Aplicar los conceptos termodinámicos a una caldera
- Conocer los diferentes tipos de calderas, según su clasificación
- Conocer las partes que consta una caldera

2.3 Materiales y equipo

- Manual de laboratorio
- Cuaderno de apuntes y lapicero
- Caldera (Se encuentra en el laboratorio)
- Cámara fotográfica

2.4 Metodología de trabajo

- a) La práctica se desarrollará en una sesión de trabajo
- b) Comprobación de lectura al iniciar la práctica
- c) Se realizará una clase magistral
- d) Se realizará una práctica en la caldera

2.5 Desarrollo de la práctica: funcionamiento de una caldera

Una caldera es un intercambiador de calor complejo constituido por un cuerpo cilíndrico de metal hermético. La función principal de la caldera es transferir energía calorífica al agua circulante dentro de la misma y cambiarlo de estado físico para ser utilizado de la manera que se requiera.

Este intercambiador puede variar de acuerdo a la forma en que se transporten los gases calientes dentro de la caldera, pero el principio es el mismo variando únicamente la capacidad de producir vapor, las presiones de trabajo y el caudal de vapor producido.

Como se muestran en la figura 1 y 2 se entrega energía calorífica al agua almacenada o circulante dentro de la caldera y se produce vapor que al final se hace circular por tuberías de un diámetro muy pequeño para que esta energía calorífica absorbida se convierta en energía cinética, la cual se puede aprovechar en diferentes ramas de la ingeniería, tales como la producción de energía eléctrica, purificación de materiales hospitalarios, calefacción, etc.

2.6 Clasificación de las calderas, según el flujo del gas

De acuerdo al flujo del gas las calderas se clasifican en pirotubulares y acuatubulares.

2.6.1 Caldera pirotubular: en este tipo de calderas el agua pasa por la parte de afuera de los tubos y el gas por la parte de adentro.

Características.

- Produce vapor húmedo.
- Caldera de baja presión (menor a 500Psi).
- Estas calderas poseen entre 400 y 600 tubos.
- Produce baja calidad de vapor (200 Kg/h a 17,000Kg/h).
- Son calderas integradas (tipo paquete), este tipo de calderas se pueden cambiar de lugar.
- Las calderas pirotubulares son utilizadas en industrias: “textiles, alimenticias, farmacéuticas, hospitales, hotelería, etc.”

2.6.2 Caldera acuatubular, en este tipo de calderas el agua pasa por la parte de adentro de los tubos y el gas por la parte de afuera de los mismos.

Características.

- Caldera de alta presión (500 a 2500Psi).
- Produce vapor seco sobre calentado.
- Produce alta calidad de vapor máximo a 500,000Lb/Vapor-hr.
- Son calderas estacionarias, ya que una vez instaladas no se pueden trasladar o mover.
- Este tipo de calderas son utilizadas en industrias tales como: Ingenios azucareros, centrales termoeléctricas.

- Como mínimo deben de tener dos domos, el que produce vapor y el que sirve de tanque de alimentación de agua, lo ideal son cuatro domos

Ambos tipos de calderas trabajan bajo la siguiente ecuación

$$\text{Energía suministrada} + \text{energía perdida} + \text{energía obtenida} = 100\%$$

Es importante tener en cuenta que los gases de escape son un 30% de la energía disipada en ellos están la humedad, combustible no quemado, gases calientes. La radiación (es el calor irradiado al ambiente), este es el 1%.

Figura 1. Caldera pirotubular

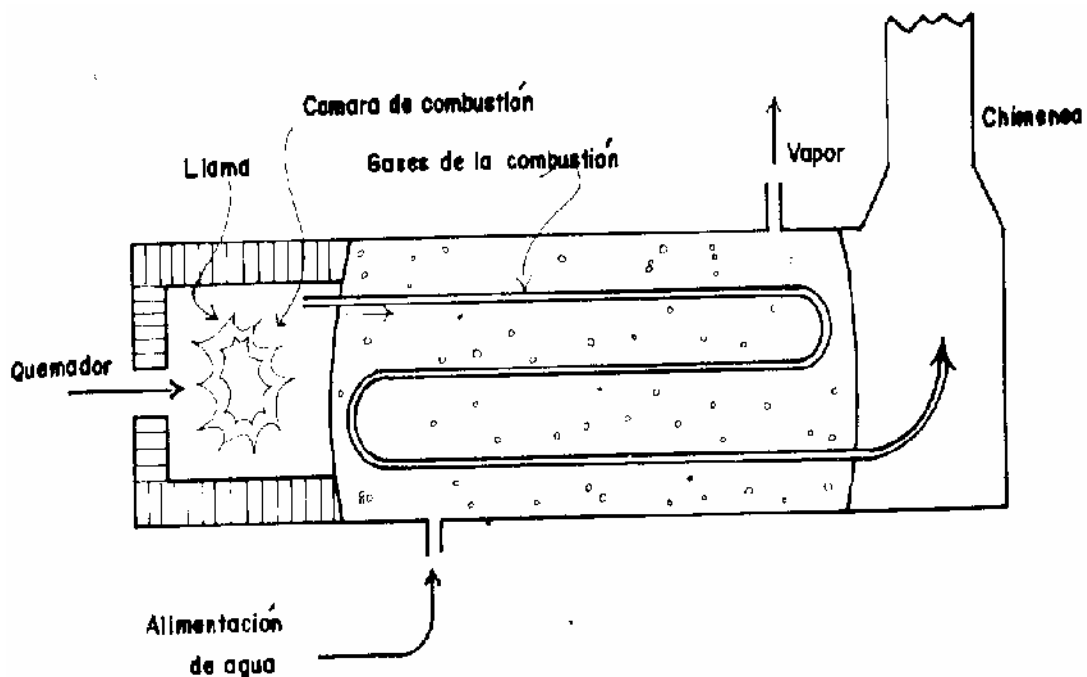
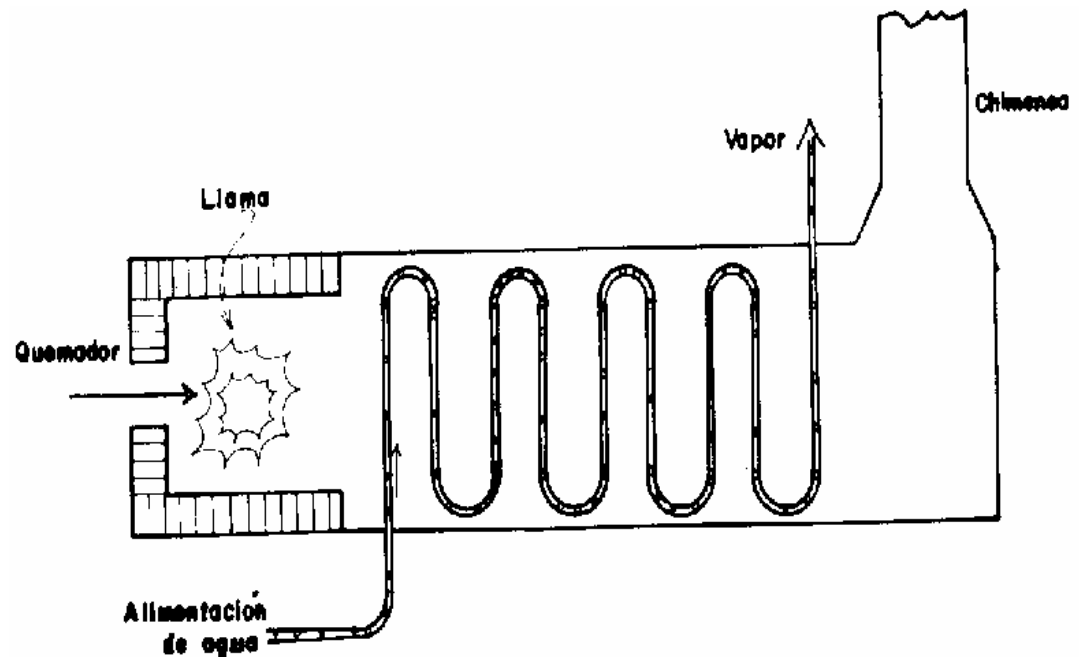


Figura 2. Caldera acuatubular



2.7 Accesorios propios de una caldera

2.7.1 Hogar y horno

Parte interna de la caldera acuatubular en donde se realiza la combustión. Para realizar la combustión, se introduce una corriente de aire que proviene del soplador, combustible pulverizado y un arco (o chispa) que realiza la ignición del combustible, es transmitido por los productos de la combustión al agua o al vapor.

2.7.2 anillo

Muro perimetral refractario, que tiene la función principal de evitar la radiación del quemador y también de darle forma a la llama.

2.7.3 Cuerpo

También es conocido por concha o casco de la caldera, consiste en un cilindro de acero herméticamente cerrado expuesto a la acción de los

gases cuyos elementos son: cámara de agua (en calderas pirotubulares), cámara de vapor (en caldera Piro tubular),

2.7.3.1 Cámara de agua (caldera pirotubular)

Es el recinto ocupado por el agua hasta el nivel de trabajo, tienen un volumen de alimentación dado por los niveles máximo y mínimo de operación. Ocupa un espacio de 2/3 de la altura de la caldera.

2.7.3.2 Cámara de vapor (caldera pirotubular)

Espacio ocupado por el vapor, aumentado en ocasiones por una cúpula (colector de vapor) ubicado en la parte superior de la caldera ocupando un tercio del volumen.

2.7.3.3 Superficie de calefacción

Son las áreas que se encuentran por un lado en contacto con el agua y por otro lado con los gases de combustión o sea las superficies exteriores de los tubos, de estos depende la clasificación de la caldera en pirotubulares y acuatubulares antes mencionados.

2.7.3.4 Superficie de vaporización

Es la que separa en cualquier instante el espacio del agua al ocupado por el vapor.

2.7.4 Quemador

Las calderas pirotubulares tienen el conjunto del quemador montado en la tapa delantera de la caldera. Los quemadores están equipados para consumir combustible gaseoso (Propano) o líquido o una combinación de los dos, pero no simultáneamente.

El quemador del combustible es del tipo de alta presión (inyector) y es encendido por una chispa eléctrica. En coordinación con una fotocelda trabaja un control eléctrico de seguridad, que es gobernada por el centro del programador para apagar el quemador en caso de falla en la llama cuando se presentan condiciones de bajo nivel de agua, de presión del vapor o exceso de temperatura.

La secuencia de la operación del quemador desde e principio hasta la para es gobernada por el programador en conjunto con los dispositivos de operación, controles que sirven para proveer la operación segura y correcta.

Figura 3. Partes de una caldera

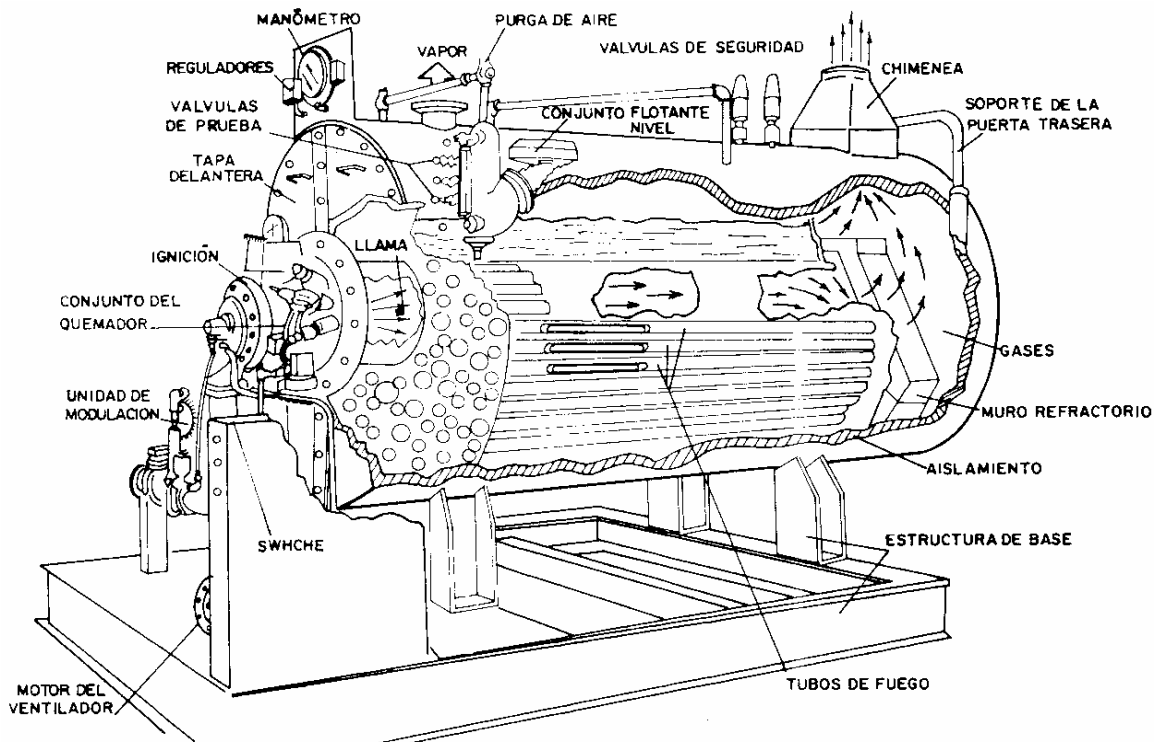
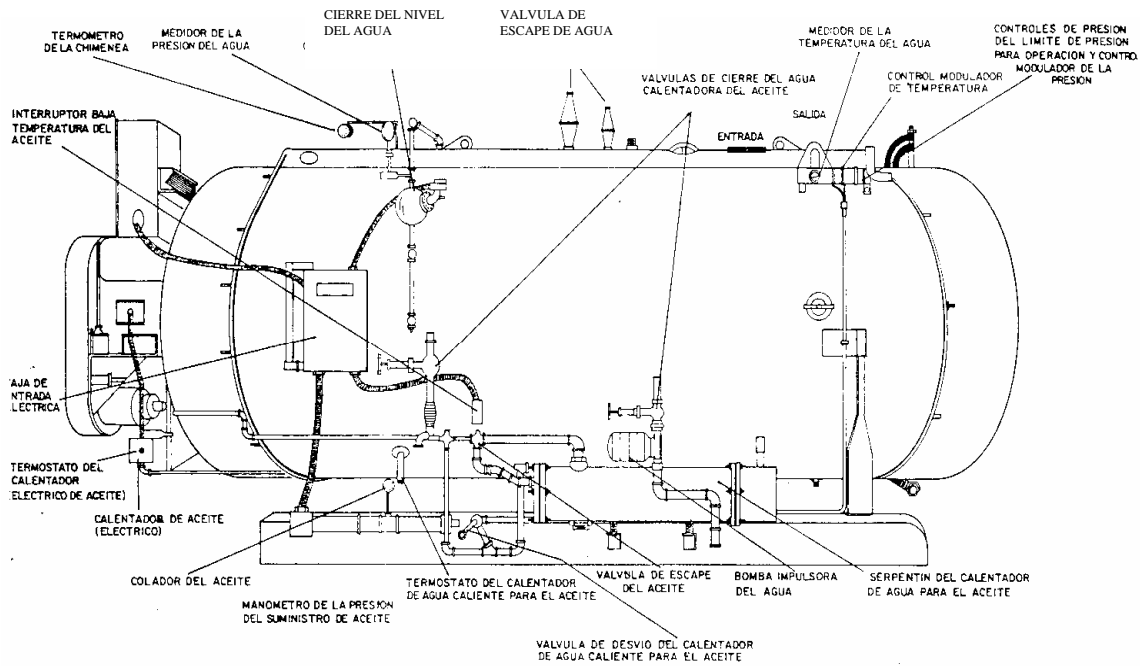


Figura 4. Accesorios de una caldera



2.7.5 Sistema de ignición

Dispositivo que por medio de un transformador de alto voltaje produce la chispa en los electrodos para iniciar la combustión. Los voltajes que se desarrollan se presentan a continuación.

Voltaje en Primario	Voltaje en Secundario	Separación de Electrodo
110/220	10,000	3/16"
110/220	6,000	1/8"

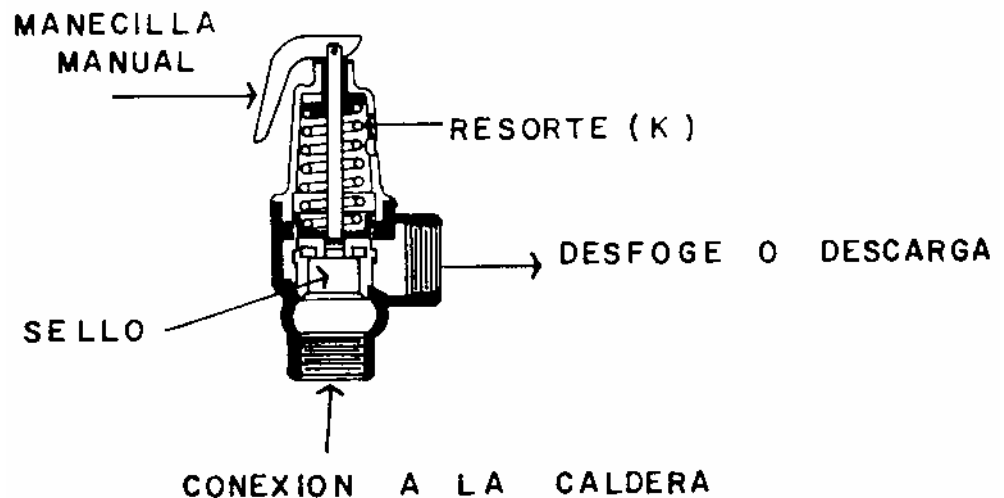
2.7.6 Chimenea

La chimenea tiene como función principal evacuar los gases de la combustión a la atmósfera a una altura para evitar molestias.

2.7.7 Válvula de seguridad

La caldera esta provista de una válvula automática de seguridad, que consiste en un dispositivo mecánico, cuya misión principal es quitar la presión que sobrepasa la normal de trabajo, protegiendo a la caldera de aumentos peligrosos de presión. El funcionamiento consiste en un resorte de una constante k de fuerza, por la parte inferior un sello, de manera que al ir incrementando la presión interna de la caldera, esta va venciendo la constante del resorte hasta vencerla por completo. Al pasar esto se libera el vapor que sobrepasa la presión de trabajo de la caldera.

Figura 5. Válvula de seguridad



2.7.8 Manómetro

Este instrumento está destinado a indicar la presión de trabajo de la caldera sobre el nivel de la presión atmosférica.

Los manómetros han de instalarse de manera que se encuentren aislados del calor radiante y en un sitio visible. El tubo de la conexión debe estar fijo directamente al vapor debiendo ir provisto de un sifón (cola de coche)

para que el agua condensada en el sifón sea la que actúe sobre el aparato evitando así el rápido deterioro del mismo por la acción directa del vapor.

2.7.9 Indicador del nivel del agua

La caldera acuatubular está provista de un aparato que permite conocer el nivel de agua, debiendo ser el cristal indicador. El cristal inconsistente en tubo Pirex, de tal manera que el nivel de agua sea representativo del nivel de agua de la caldera.

El indicador del nivel de agua está provisto de interruptores de alto y bajo nivel de agua, que se accionan de acuerdo a las necesidades que tengan, ya sea cuando una caldera le falte agua o cuando tenga un nivel de agua muy alto desconecte la bomba de la caldera.

2.7.10 Puerta delantera

En la parte externa de la puerta delantera de la caldera es donde van montados los accesorios siguientes: Conjunto del quemador, bomba de combustible y agujeros de los soportes de los pernos para sellar la caldera.

2.7.11 Pirómetro

Es un elemento termostático que está instalado en la chimenea y es activado por los gases de escape. En caso que la temperatura de los gases se baje, se apaga la caldera.

2.8 Conclusiones

1. Las calderas, como dispositivos para generar vapor, tienen grandes aplicaciones industriales, van desde generación de potencia, evaporación, aplicaciones en hospitales, hoteles e industrias textiles, concentración de soluciones a través de la evaporación, etc.

2. Existen dos tipos principales de calderas, dependiendo de el fluido que se conduzca dentro de los tubos; éstas son: piro tubulares y acu tubulares.

2.9 Investigación

Investigue y responda las siguientes preguntas en el reporte a entregar en la siguiente práctica.

1. ¿Cómo se aplican las leyes de la termodinámica al funcionamiento de las calderas?
2. ¿Cómo explicaría la ley de la conservación de la energía en una caldera?
3. ¿Cómo se dividirían las calderas por su forma y potencia?
4. ¿De qué materiales está construido el cuerpo de una caldera?
5. ¿Cuál es la altura mínima a la que puede estar el agua de la tubería más alta dentro de una caldera piro tubular?
6. ¿Cuál es la altura a la que se puede emitir el vapor por una chimenea para no afectar a una población aledaña?
7. ¿Qué tipo de vapor se puede producir y para que usos los aplicaría?

3. PRÁCTICA 2: ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

3.1 Introducción

El funcionamiento de una central térmica depende grandemente de cómo se aproveche el vapor obtenido de la caldera, por lo tanto es necesario conocer cómo se distribuirá el vapor y más importante es saber la forma en que reutilizaremos el vapor que ya cedió parte energía. Es aquí donde radica la importancia de los accesorios de distribución de vapor.

3.2 Objetivos de la práctica

- Conocer los accesorios complementarios de una caldera
- Aplicar accesorios complementarios para mejorar el funcionamiento de una caldera
- Obtener conocimientos para crear mejoras en el funcionamiento de una caldera

3.3 Materiales y equipo

- Manual de laboratorio
- Cuaderno de apuntes y lapicero
- Caldera (Se encuentra en el laboratorio)

3.4 Metodología de trabajo

- a) La práctica se desarrollará en una sesión de trabajo
- b) Los alumnos deberán entregar la investigación No 2 antes de iniciar la práctica 2 y realizarán la prueba corta No 2. (El requisito para realizar la prueba corta es entregar la investigación de forma individual)

- c) Se realizará una clase magistral
- d) Se realizará una práctica en la caldera.

3.5 Condensadores

Son accesorios en los cuales se enfría el vapor de escape procedente de las máquinas y de las tuberías y de donde el aire y otros gases son evacuados en forma continua.

Las ventajas que pueden conseguirse empleando condensadores en las máquinas y turbinas de vapor, son tres:

- (1) Disminución de la presión de escape,
- (2) Recuperación del condensado para utilizarlo como agua de alimentación para las calderas y
- (3) Por temperatura alta, se debe evitar el choque térmico.

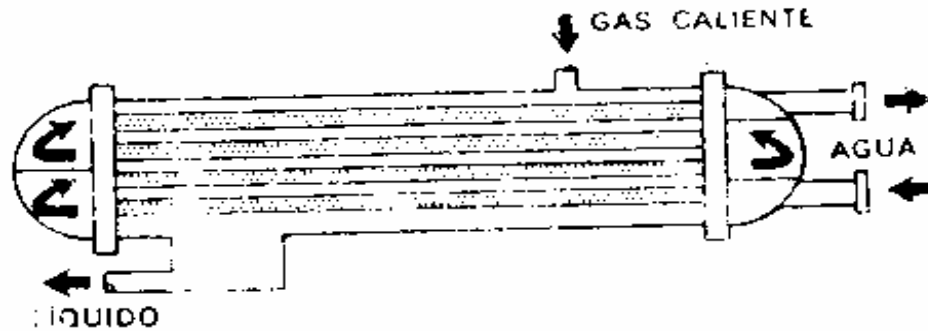
Existen dos tipos de condensadores:

- a. De superficie
- b. De chorro

3.5.1 Condensadores de superficie

Los condensadores de superficie proporcionan una baja presión de escape y al mismo tiempo permiten recuperar el condensado. El condensador de superficie consiste generalmente de un cilindro de hierro colado o de chapa de hierro, con una tapa portatubos en cada extremo, los cuales unen entre sí una multitud de tubos que forman la superficie de enfriamiento. El vapor de escape entra en el condensador por un orificio situado en la parte superior del envolvente y el agua de refrigeración que pasa por el interior de los tubos.

Figura 6. Condensador de superficie



Otro condensador de superficie es el evaporativo, el cual tiene la diferencia que el cilindro envolvente se ha suprimido. El vapor pasa por el interior de los tubos del condensador, sobre los cuales se lanza agua atomizada. El enfriamiento se produce principalmente por la evaporación del agua en la atmósfera.

En los condensadores de superficie se puede recuperar el condensado por que no se mezcla con el agua de refrigeración. El vapor que hay que condensar normalmente circula por fuera de los tubos mientras que el agua de enfriamiento o circulante pasa por el interior de los mismos.

Esto se hace porque el vapor limpio no ensucia la superficie externa de los tubos, la cual es difícil de limpiar. El agua de refrigeración, frecuentemente está sucia y deja sedimento en el interior de los tubos.

Un condensador de superficie y su equipo auxiliar debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El vapor debe entrar en el condensador con la menor resistencia posible y la caída de presión a través del mismo deberá ser reducido al mínimo.

- b) El aire (el cual es un mal conductor de calor) deberá evacuarse rápidamente de las superficies transmisoras de calor, y debe recogerse en puntos apropiados, prácticamente libre de vapor de agua y enfriado a temperatura más baja. La evacuación del aire debe realizarse con un gasto mínimo de energía.

- c) Asimismo debe rápidamente evacuarse el condensado de las superficies transmisoras del calor y devolverse libre de aire a la caldera a la máxima temperatura posible.

- e) El agua de refrigeración debe atravesar el condensador con un rozamiento reducido, dejando un mínimo de sedimentos, con una absorción de calor máxima.

También se debe tener en consideración para lograr un mejor condensado por la transmisión de calor que los tubos de los condensadores son de latón rojo (85% de cobre y 15% de zinc) para agua pura, y de latón almirantazgo (70% cobre y 1% estaño) para agua salada y aguas impuras de ríos.

3.5.2 Condensadores de chorro

Los condensadores de chorro, sólo proporcionan una baja presión de escape, pues el condensado se mezcla con el agua de refrigeración. El condensador consiste en una cámara cilíndrica sellada, la cual va acoplada a un tubo en forma de ventura, cuyo interior se haya sumergido en el agua.

El agua inyectada pasa por las boquillas por la presión ejercida por la bomba y por el vacío existente. Los chorros están dirigidos a la garganta del tubo donde se reúnen para formar un segundo chorro.

El vapor de escape en el condensador por la parte superior se pone en contacto directo con los chorros de agua convergentes y se condensa.

Por el efecto combinado de presiones externas, debido al flujo de agua externa, el vacío existente dentro del condensador y por la acción de la gravedad, son capaces de lograr que los chorros de agua alcanzan una velocidad suficiente para arrastrar el vapor del condensador, el aire y los gases no condensables y para descargarlos en el pozo caliente venciendo la presión atmosférica.

Los chorros crean vacío al condensar, el vapor que lo mantienen al arrastrar y evacuar el aire y los gases no condensables. De esta forma no se requiere bomba alguna para evacuar el agua.

3.6 Bombas

Hay tres clases de bombas de acuerdo a la mecánica de movimiento y no al servicio para el cual se ha diseñado la bomba y son:

- Centrífuga
- Rotativa
- Reciprocante

En el transcurso de este tema se tratará en forma más particular sobre las bombas centrífugas que son las más usadas para alimentar calderas, para producir vacío y mover el condensado del vapor.

Las bombas centrífugas se clasifican de la siguiente manera:

- Radial
- Mixto
- Axial

Cada una de las anteriores se dividen de acuerdo a:

1. Números de pasos: Simples y múltiples
2. Tipo de carcasa: espiral, circular y difusores
3. Poción de la flecha: vertical, pozo seco y sumergible
4. Succión: sencilla y doble

A diferencia de las bombas de desplazamiento positivo una bomba centrífuga se opera a velocidad que puede suministrar cualquier capacidad desde un límite mínimo, hasta un límite máximo dependiendo de la columna de agua, diseño y succión.

Para la circulación forzada del condensado y el agua caliente, se emplean exclusivamente bombas centrífugas. Sus principales partes son: la carcasa y el rodete montado sobre un eje. El accionamiento es por motor eléctrico.

Figura 7. Bomba centrífuga

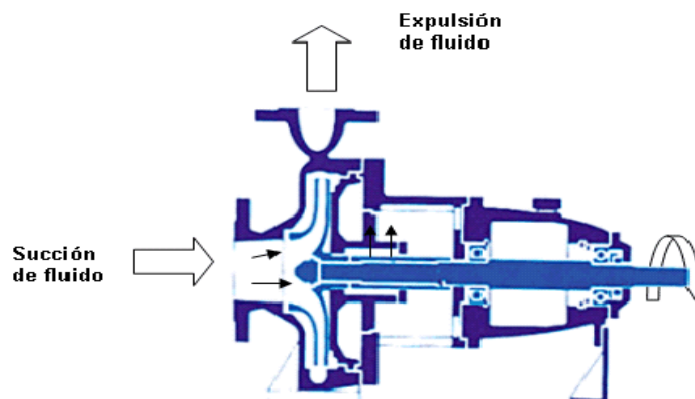
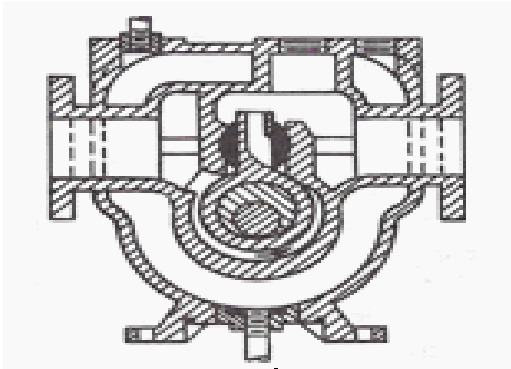


Figura 8. Bomba rotativa tipo pistón



3.6.1 Selección de la bomba

La bomba de alimentación es quizá el accesorio más importante en lo que se refiere a la seguridad de la caldera, para la cual se hace necesario tener en consideración, los siguientes datos para la mejor selección de la bomba.

1º Naturaleza del líquido que habrá de bombearse. Agua:

a) Agua fría, agua caliente

b) Frío o caliente y si es caliente

¿A qué temperatura?

¿A qué presión de vapor del líquido a temperatura de bombeo?

c) Densidad

d) ¿Limpio y libre de materias extrañas o sucio y abrasivo?

¿Qué cantidad de material en suspensión?

e) ¿Cuál es el análisis químico?

PH

% variaciones permisibles del análisis químico

2° Capacidad:

- a) ¿Cuál es la capacidad requerida de la bomba, así como la cantidad máxima y mínima de líquido que deberá entregar.

3° Condiciones de succión

- a) ¿Una velocidad de succión?
- b) ¿O una columna de succión?
- c) ¿Cuál es la longitud y diámetro de succión?

4° Condiciones de descarga

- a) ¿Cuál es la columna estática? Constante o variable
- b) ¿Cuál es la columna de fricción?
- c) ¿Cuál es la presión de descarga máxima a la que habrá de trabajar la bomba?

5° ¿Es el servicio continuo o intermitente?

6° ¿Se habrá de instalar la bomba de forma horizontal o vertical?

7° ¿Qué tipo de potencia se tiene disponible para mover la bomba y cuáles son las características de ésta?

8° ¿Qué limitaciones de espacio, peso o transporte habrán de encontrarse?

9° Localización Geográfica

- a) Localización sobre el nivel del mar
- b) Instalación interior o intemperie
- c) Variaciones de temperatura ambiental

10° ¿Existen algunos requerimientos o preferencias marcadas con respecto a diseño o características de las bombas?

3.7 Válvulas

Las válvulas se componen del cuerpo de las piezas y de las piezas incorporadas: Vástago y volante de maniobra, cono y asiento, junta prensaestopa.

Las válvulas de cabezal y de casquillo con rosca interior, así como las válvulas de rosca exterior se emplean especialmente para regular o detener el flujo.

Material de las piezas: El vástago es de latón, bronce o acero. Las juntas para bajar presiones son: goma, cuero, fibra y materiales blandos, susceptibles para cerrar herméticamente incluso con suciedad.

Para las presiones mayores y temperaturas elevadas se utilizan juntas de acero o metal, para prensaestopas se emplea cordón, de talco y anillo, de metal dulce.

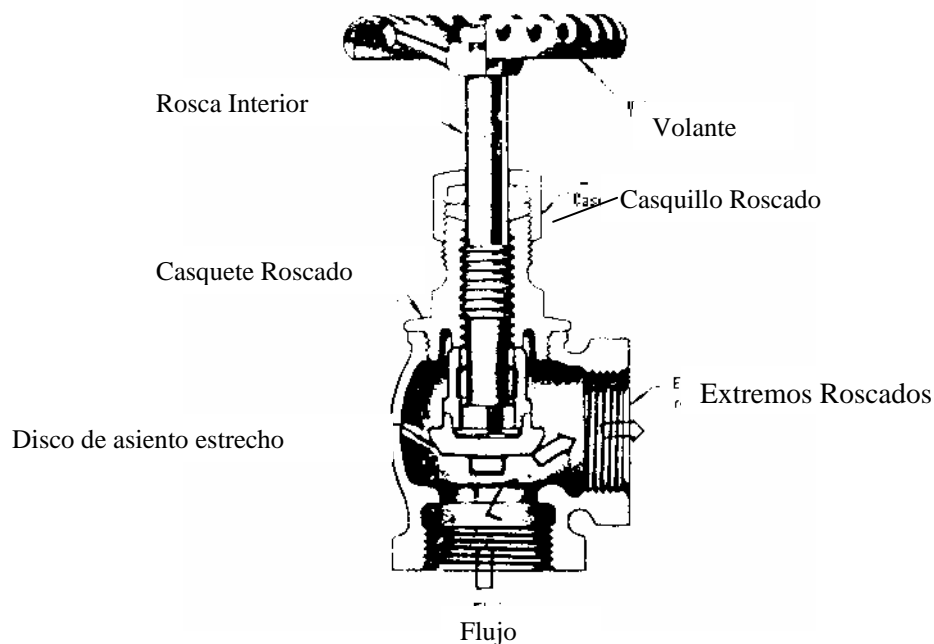
Para la selección de las válvulas se deben tomar en cuenta el rendimiento adecuado, longevidad y bajo costo de mantenimiento, ya que de este dependerá parte vital del proyecto de sistema de distribución de vapor.

El diseño, la construcción y el material de la válvula determinan si ésta es o no apropiada para una aplicación particular. Cada tipo de válvula tiene una función definida en el control de fluidos del sistema, a continuación se describe el uso de cada uno de ellas:

3.7.1 Válvula de casquete roscado

Se recomienda en casos de baja presión; no deben emplearse cuando el desmontaje es frecuente, o donde las vibraciones, los golpes u otras condiciones adversas puedan someter a esfuerzos a deformar de la válvula. Los casquetes roscados son económicos y muy compactos.

Figura 9. Válvula de casquete roscado



3.7.2 Casquete de unión

El tipo de casquete no se fabrica en tamaños mayores de 2", ya que se precisaría de una llave extremadamente grande para su montaje. Esta unión constituye una conexión robusta, hermética y su montaje y desmontaje es fácil.

3.7.3 Los casquetes atornillados

Se emplean prácticamente en todas las válvulas de gran tamaño, aunque también se fabrican en tamaños pequeños. Este tipo de junta es fácilmente desmontable. Adecuada para altas presiones de trabajo y su construcción es robusta.

3.7.4 Los casquetes a presión

Son usados en las conducciones de vapor a temperatura alta. La presión interna mantiene ajustada la junta de la tapa. Este tipo de construcción de casquete o tapa simplifica el montaje y desmontaje en válvulas grandes para alta presión.

3.7.5 Vástago con rosca interior

Se emplea generalmente en válvulas de compuerta. No es adecuada para fluidos que corren o erosionan la rosca, ya que quedan en contacto con el fluido.

Este tipo de válvula, al no desplazarse el vástago, la hace ideal en aplicaciones en las que la altura libre de manipulación está ilimitada. Además están protegidas contra golpes.

3.7.6 Disco de cierre partido

Está diseñada especialmente para evitar que quede atascado o bloqueado, pero está expuesto a vibraciones indeseables.

3.7.7 Válvula de compuerta

Las válvulas de compuerta se utilizan preferentemente para cerrar o abrir por completo un paso o conducto vacío.

Una propiedad muy importante de la válvula de compuerta, la obstrucción y la turbulencia son menores y por consiguiente, la caída de presión que en ella se produce es menor que en otras válvulas. Estando completamente abierta y el disco fuera de la corriente del fluido, al fluido se establece a través de toda la sección transversal interior de la válvula.

Las válvulas de compuerta, no deben utilizarse como reguladores de caudal, excepto en casos de emergencia, ya que no están proyectadas para este tipo de servicio y por consiguiente, es difícil controlar el flujo con bastante exactitud.

3.7.8 Válvula de vástago inclinado o en Y

Están diseñadas principalmente para la regulación del flujo. El tipo de construcción del asiento de la válvula reduce el peligro de la erosión en la superficie del asiento que ofrecen las válvulas que ofrecen las válvulas de compuerta cuando se utilizan en funciones de regulación.

Para este tipo de servicio de “todo o nada”, es recomendable el modelo de la válvula angular o en Y, porque la caída de presión en su interior es substancialmente menor que la que se produce en la válvula esférica. Otra ventaja de la válvula angular es que puede ser colocada substituyendo un codo, con lo que se suprime dicho acoplamiento.

3.7.9 Válvula de aguja

Llamadas también de expansión, están proyectadas para tener un fino control de caudal en tuberías de pequeño diámetro. Normalmente, el dispositivo de cierre está formado por una punta aguda que se adapta en la abertura de la válvula, siendo su asiento su superficie reducida.

3.7.10 Válvulas de retención o válvulas cheques

Hay dos diseños básicos de retención, el oscilante y el cierre vertical. Las válvulas oscilantes de retención se pueden utilizar en tuberías horizontales o en una vertical de flujo ascendente.

3.8 Tubería

Los sistemas de vapor se clasifican de acuerdo con el tipo de instalación de tubería, condiciones de presión y método del retorno del vapor por condensado a la caldera.

El sistema de vapor de dos tubos, generalmente es más utilizado en aplicaciones de acondicionamiento de aire, calefacción y ventilación. En el sistema de dos tubos las unidades tienen conexiones separadas para el suministro y retorno.

Las tuberías de distribución de vapor se clasifican respecto a la tubería del retorno del condensado a la caldera y de la dirección del caudal en las trampas de vapor.

a) Retorno de condensado a la caldera.

- Retorno seco: el condensado entra a la caldera por encima de la línea de agua
- Retorno húmedo: el condensado entra en la caldera por debajo de la línea de agua.

b) Circulación de vapor en el tramo vertical

- Alimentación ascendente: el vapor sube por el tramo vertical
- Alimentación descendente: el vapor baja por el tramo vertical

3.8.1 Condiciones de presión

Los sistemas de tuberías de vapor se clasifican normalmente en tres tipos: Presión alta, presión baja y presión de vacío. Las presiones correspondientes a los tres sistemas son:

- Presión alta: arriba de 15.00 psig
- Presión baja: de 0 a 15.00 psig
- Presión de vacío: debajo de la presión atmosférica

3.8.2 Retorno de condensado

El tipo de tubería de retorno de condensado de las unidades calefactorios a la caldera identifica más el sistema de tubería de vapor, son de uso común dos sistemas de distribución:

- La de retorno por gravedad
- La de retorno mecánico

Cuando todas las unidades están situadas por encima de la caldera o de la línea de agua del depósito de condensado a la caldera, el sistema se denomina de retorno por gravedad, ya que el condensado retorna al tanque por gravedad.

Si se usan bombas o purgadores para favorecer el retorno del condensado a la caldera, el sistema se denomina de retorno mecánico. La bomba de retorno de condensado y purgador de retorno a la caldera son dispositivos usados para el retorno mecánico del condensado a la caldera.

3.8.3 Diseño de la tubería

Un sistema de vapor funcionando para cualquier servicio debe de distribuirse el vapor a cualquier carga de funcionamiento. El diámetro del tubo para transmitir el vapor para una carga de proyecto depende de lo siguiente:

- Presión de funcionamiento inicial y caída de presión permisible a través del sistema.
- Longitud total equivalente de tubo en el recorrido más largo.
- Si el condensado circula en la misma dirección que el vapor o en dirección opuesta.

3.9 Aislamientos

El aislante del vapores determinado en gran parte por la estructura física, la cual en la mayoría de los aisladores, comprende la utilización de un gran número de pequeñas bolsas de aire. La presencia de humedad en el aislador hace descender su valor aislante. Los materiales como la madera cambian considerablemente su contenido en humedad con una variación de la humedad relativa del aire con los que están en contacto. Otros materiales como las lanas minerales, las hojas de aluminio y el santocel, no son afectadas apreciablemente por la humedad, sola pero si baja la temperatura por debajo del punto de rocío, puede producirse condensación del vapor de agua, con la siguiente pérdida aislante. Se pueden instalar cierres herméticos al vapor, que necesitan el paso del vapor de agua, sobre el lado caliente del aislamiento, si las condiciones de humedad y temperatura son tales que pueda tener lugar la condensación dentro del aislamiento. Los factores que deben considerarse en los aislantes son:

a) Temperatura

Los aislantes que constan de materiales orgánicos, como las láminas de fibra y la de corcho, la madera de balsa o de papel, no deben de usarse a mas de 100° C, se usan con frecuencia láminas de mineral y de vidrio con 85% de magnesio y papel de asbesto con celdas de aire. Para temperaturas más altas deben emplearse materiales más refractarios, como arena diatomicea, ladrillos de material refractario, porosos y lanas minerales.

b) Capacidad calorífica

El aislamiento debe tener una baja capacidad calorífica en el caso de calentamiento y enfriamiento intermitentes. La capacidad calorífica es proporcional al producto del calor específico por la densidad de la masa que contribuye el material aislante.

c) Materiales refractarios.

Las tierras especiales, de consistencia cerámica, tiene las propiedades necesarias para servir como capas protectoras para el fogón de la caldera. Además de ser resistentes al reblandecimiento por el trabajo bajo la acción del fuego, con una mínima deformación a altas temperaturas, se exigen materiales refractarios modernos con otras con otras características de igual o aún mayor importancia tales como:

- Estabilidad dimensional y de volumen a altas temperaturas
- Rango conveniente de conductividad térmica
- Permeabilidad y baja porosidad

A parte de lo anterior, los materiales refractarios para calderas deben ser aptos para resistir efectos de:

- La carga y la presión
- Ataques de origen químico y corrosión
- Penetración de escorias y la abrasión de las mismas
- Cambios rápidos de temperatura (golpe térmico)

3.10 Conclusiones

1. Un condensador térmico es un intercambiador de calor entre fluidos, de modo que mientras uno de ellos se enfría, pasando de estado gaseoso a estado líquido, el otro se calienta.
2. Las bombas son de gran importancia en el trasiego de fluidos, debido a su capacidad de elevar la presión de un fluido, con lo cual se puede empujar el mismo hacia donde se desee transportar. Existe una infinidad

de bombas, las cuales tienen distintas funciones, todo depende del tipo de fluido de la temperatura a la cual se va a transportar y la presión que se soportará.

3. Los accesorios de distribución componen parte vital del vapor producido por una caldera, ya que con esta podremos reutilizar agua y vapor que no tiene una gran calidad pero ya tiene cierta energía absorbida.

3.11 Investigación

Investigue y responda las siguientes preguntas en el reporte a entregar en la siguiente práctica.

- a) ¿Qué ventajas observa en los condensadores de superficie y de chorro?
- b) ¿En un circuito de vapor dónde colocaría una bomba y por qué?
- c) ¿Qué tipo de mantenimiento le daría las tuberías? Explique
- d) ¿Qué problemas tendría una caldera si no se utilizan condensadores?
- e) ¿Qué potencia debe tener la bomba de alimentación de agua a la caldera?

4. PRÁCTICA 3: ENCENDIDO Y APAGADO DE UNA CALDERA

4.1 Introducción

Existen una gran diversidad de modelos de calderas con especificaciones de cada una de ellas para el arrancado y apagado de la mismas pero con el fin de llevar una base sobre este tema en este capítulo nos centraremos en explicar los pasos y consideraciones básicos para encender y apagar correctamente una caldera

4.2 Objetivos de la práctica

- Realizar los debidos procedimientos previos al arranque ó puesta en marcha a la operación de trabajo.
- Conocer los diferentes controles y componentes comunes a todas las calderas físicamente
- Seguir los pasos correctos para apagar una caldera

4.3 Materiales y equipo

- Manual de laboratorio
- Cuaderno de apuntes y lapicero
- Cámara de video y fotográfica
- Caldera (Se encuentra en el laboratorio)

4.4 Metodología de trabajo

- a) La práctica se desarrollará en una sesión de trabajo
- b) Se realizará una clase magistral
- c) Se realizará una práctica en la caldera

d) Se realizará un video o película donde se mostrará el procedimiento para encender y apagar correctamente una caldera. Este film debe presentarse en disco en la siguiente práctica de laboratorio.

4.5 Encendido de una caldera

Existen diversos tipos de caldera con diferente potencia y combustible, pero básicamente los pasos para encendido en su mayoría llevan la misma secuela para arrancar el equipo. Los pasos que se muestran a continuación son para la caldera que se encuentran en el laboratorio de 125 a 350 caballos de fuerza, que utilizan como combustible aceite número dos o diesel y aceite número seis o bunker.

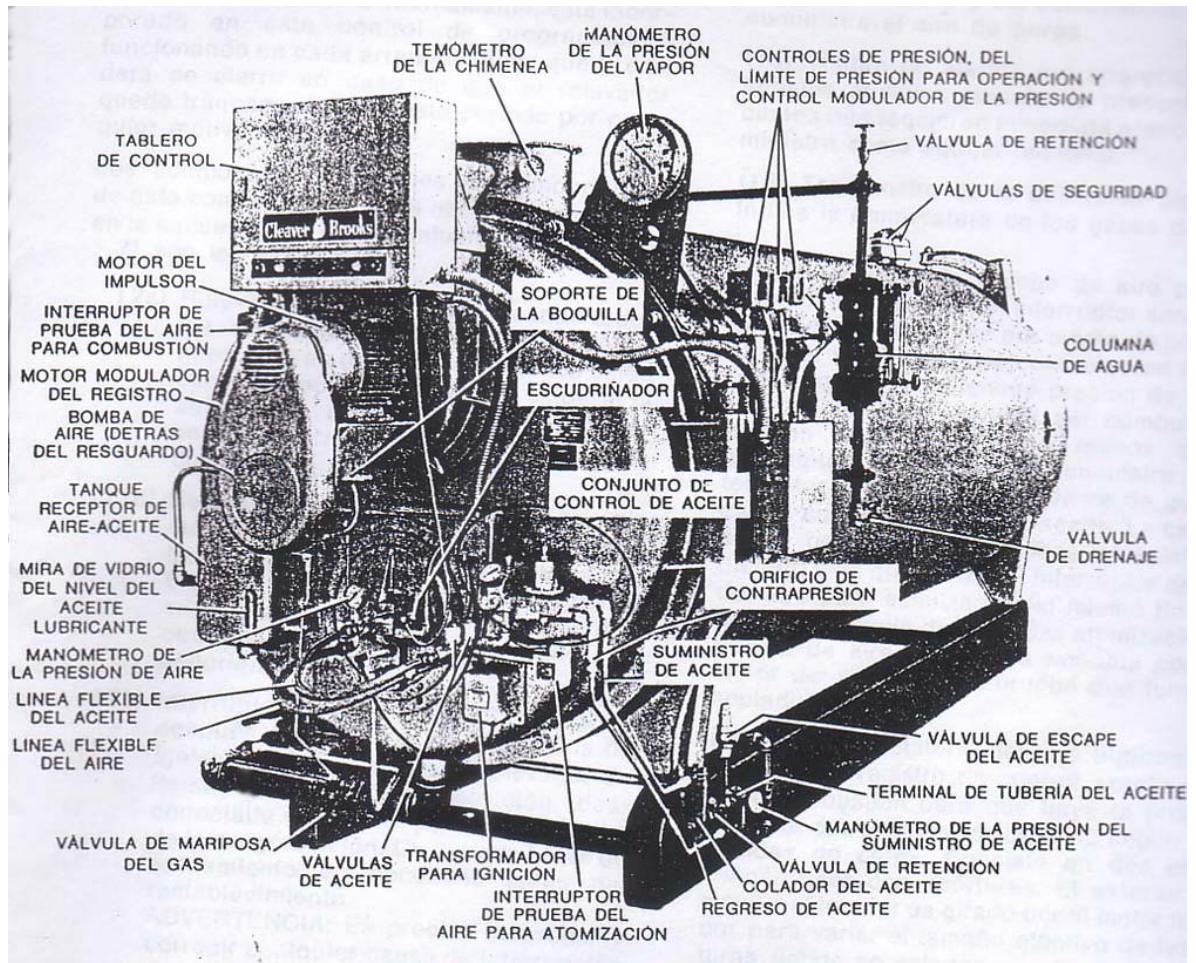
4.5.1 Pasos para el encendido de una caldera

Para encender es necesario tener en cuenta los siguientes pasos:

- 1) Verifique el abastecimiento del combustible, que el voltaje sea adecuado, examine si hay fusibles quemados. Abra los cortacircuitos, busque las sobrecargas saltadas. Pruebe el restablecimiento de todos los arranques y controles que tienen dispositivos de restablecimiento manual. Pruebe el interruptor de seguridad en el programador y restablézcalo si es necesario. El indicador del motor cronométrico debe estar en la posición del punto (.).
- 2) Revisar nivel de agua en la caldera. Esto puede verificarse mediante la observación de la mira de vidrio para el nivel del agua del McDonnell & Millar. La caldera debe estar ya llena con agua al nivel de operación normal y esta agua debe tener la misma temperatura del ambiente. Verifique que agua de abastecimiento tratada está disponible. En

calderas de vapor abra la válvula de escape para dar salida al aire desplazado durante el llenado. Déjala abierta hasta observar el escape de vapor después de que funcione el quemador.

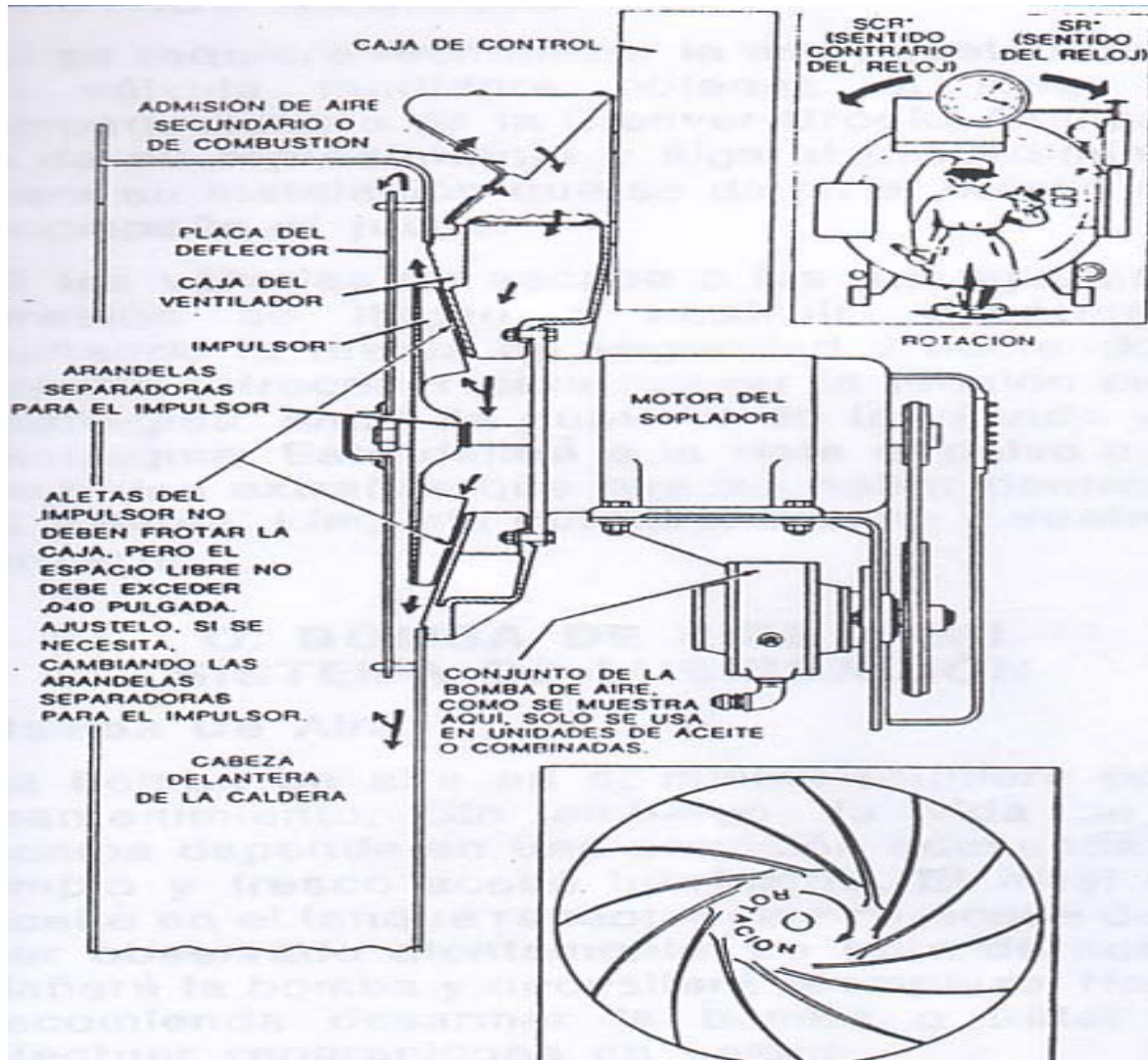
Figura 10. Caldera básica de vapor



- 3) Examine toda articulación para ver si hay movimiento libre y completo del registro, válvulas y levas moduladoras.
- 4) Pruebe la rotación de cada motor cerrando momentáneamente el relevador o arranque del motor. La rotación del impulsor del soplador es en la dirección de las manecillas del reloj estando uno dando frente a la

parte delantera de la caldera. La rotación de la bomba de aire es en la dirección de las manecillas del reloj cuando se observa al extremo motriz de la figura 11.

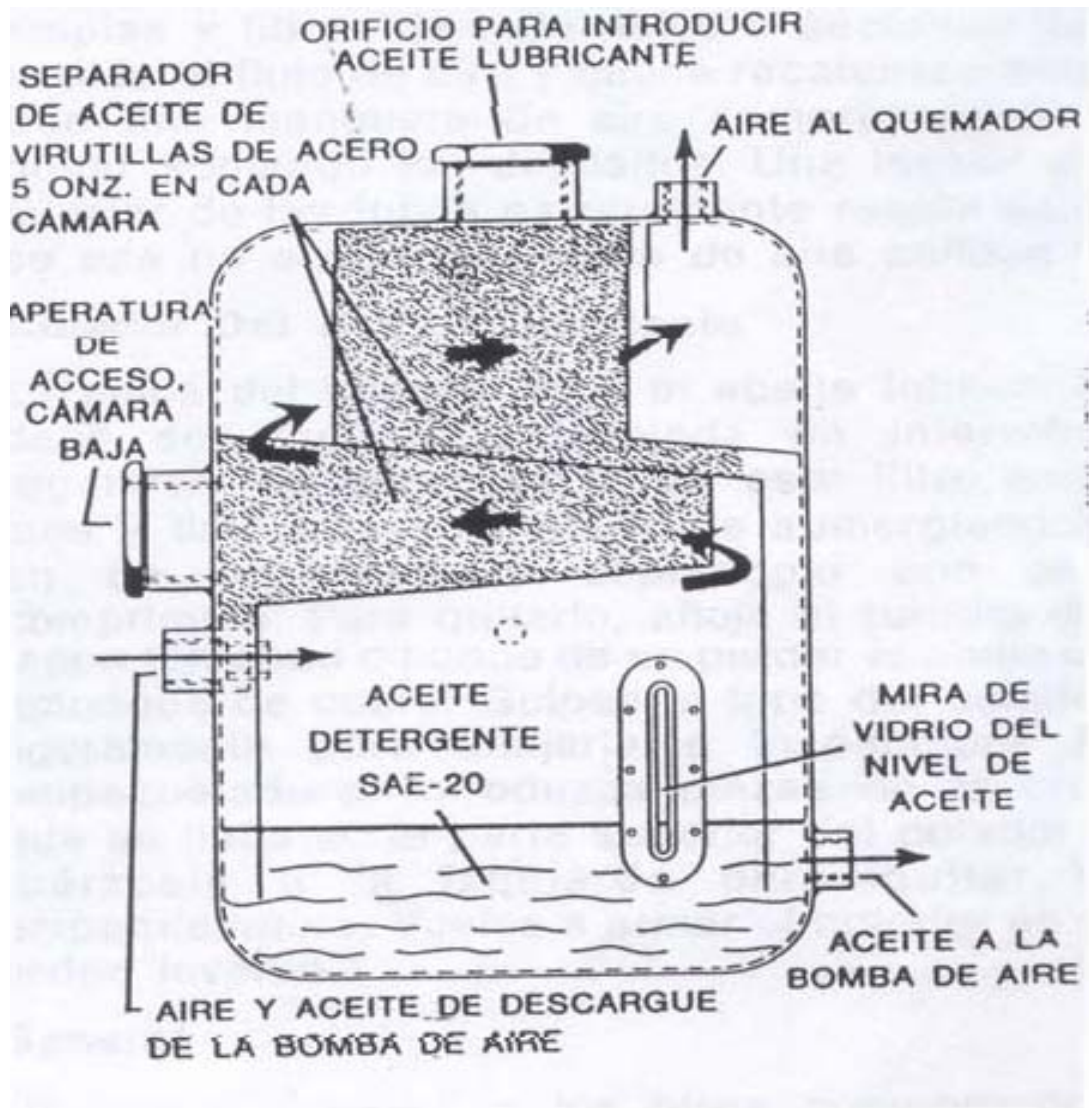
Figura 11. Flujo de aire de combustión



- 5) Antes de poner las bombas de abastecimiento de agua o de aceite en marcha cerciórese que toda válvula en las líneas estén abiertas o en la posición apropiada.

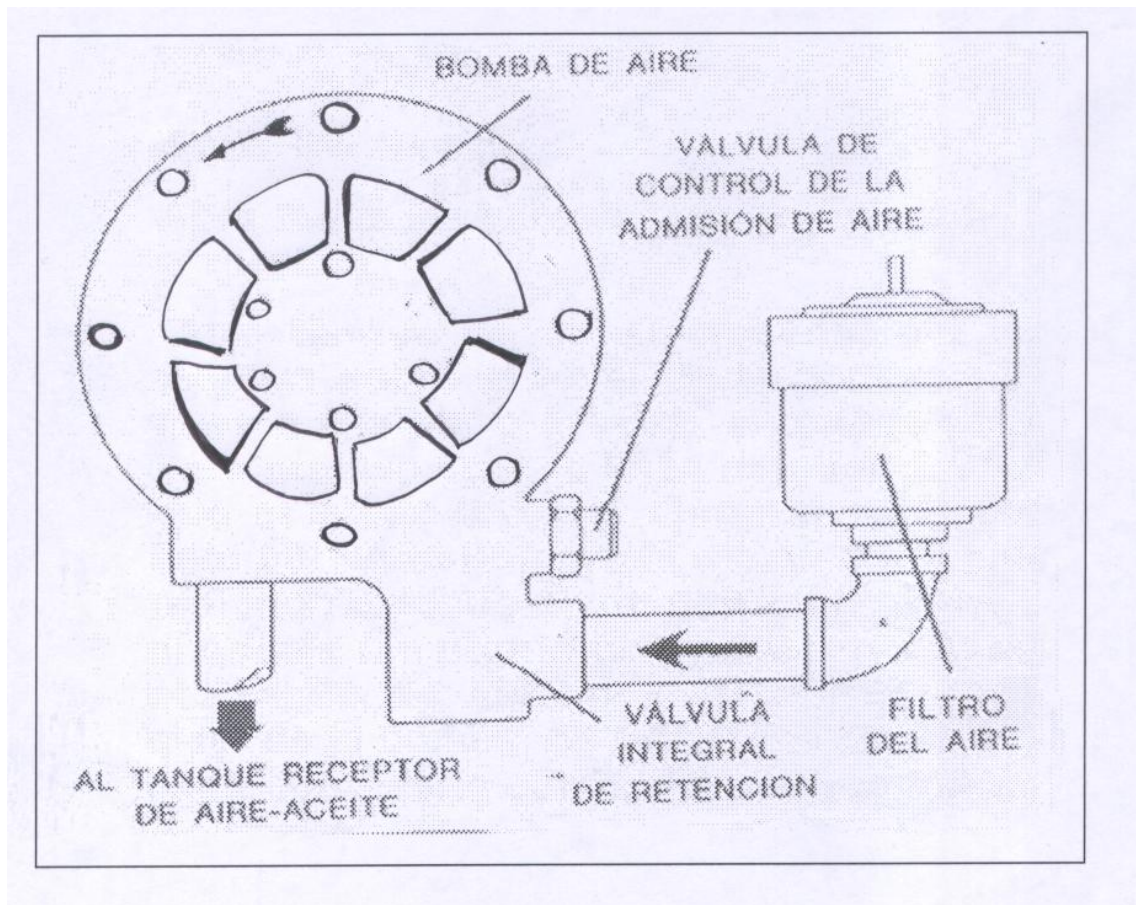
- 6) Antes de arrancar, examine el nivel del aceite lubricante para la bomba o compresor de aire. Agregue una cantidad de aceite, si se necesita, para elevar el nivel al punto medio de la mira de vidrio o un poco más. Use el aceite detergente SAE 20 .

Figura 12. Tanque receptor aire - aceite



Examine el nivel de aceite del colador de aire o filtro de aire. Nunca opere el compresor a menos que el filtro de aire esté en su sitio. Hay que inspeccionar el dispositivo entero ocasionalmente, enjuagar y limpiar su elemento interno. El nivel apropiado de aceite tiene que ser conservado en el filtro.

Figura 13. Bomba de aire detallada

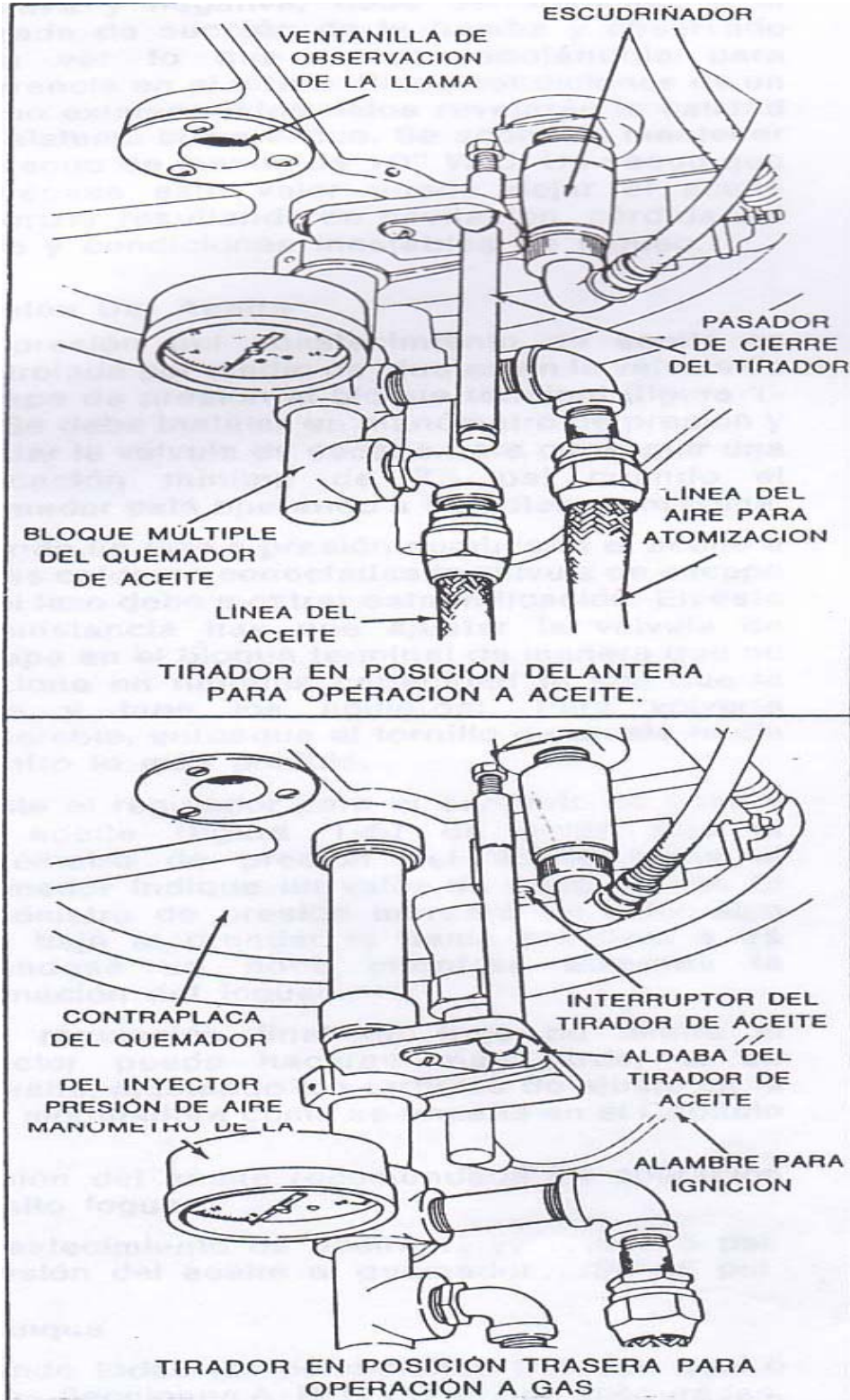


- 7) El abastecimiento y la presión de aire para atomización en calderas de aceite deben ser inspeccionados. Note la graduación en el manómetro de presión de aire (figura 14). Sin el flujo de combustible la presión mínima debe ser 7 psi. Si no hay presión, descubra la razón y corríjala antes de proceder. Busque obstrucciones en la línea de entrada del aire

y cerciórese de que la correa no esté resbalando, que la rotación esté en la dirección apropiada (para el soplador, en la dirección de las manecillas del reloj) y que no haya una boquilla de aceite relajada u otros escapes. Si la presión se encuentra en un valor más alto sin flujo de combustible, busque obstrucciones en la línea de descarga o en la boquilla del inyector. Si no hay obstrucciones, restrinja el flujo de aire por medio del tornillo de ajuste en la válvula de entrada (figura 13). La presión del aire aumentará cuando se presente un flujo de combustible. En la asignación de fogueo bajo, la presión del aire debe establecerse a unos 12 psi con aceite pesado y un poco más con aceite liviano. La forma y tamaño de la llama durante bajo fogueo indicará si se necesitan ajustes adicionales. En alto fogueo, la presión no debe sobrepasar 25 psi. Presiones más vigorosas resultarán en deterioro excesivo de la bomba y aumenta el gasto del aceite lubricante. NOTA: Cuando el manómetro de la presión del aire montado en el tirador indica presiones anormalmente altas significa que se obstruye la boquilla del inyector. En este caso examine la boquilla y límpiela como sea necesario.

- 8) Antes del fogueo inicial, hay que establecer y verificar el flujo y la presión de aceite. La presión de aire para atomización debe ser establecida como lo explica el paso 7.
- 9) Si el quemador pertenece a una unidad combinada (aceite - gas), cerciórese de que la llave de cierre de gas principal esté cerrada y el interruptor selector de gas/aceite esté en la posición "oil (aceite)." Mueva el conjunto del tirador a la posición delantera y ponga la aldaba en posición. (Vea la figura 14).

Figura 14. Tirador operando con base aceite y gas.



10) Flujo de aceite: Abra todas las válvulas en las líneas de succión y regreso. Si el tanque de abastecimiento del aceite se localiza sobre el nivel de la bomba y el aceite fluye a ella por gravedad, entonces usualmente será preciso abrir la línea de succión para dejar que el aceite la llene. Generalmente se realiza esto abriendo una grieta en un encaje de unión teniendo cuidado de no derramar aceite. Apriete el encaje tan pronto como aparezca el aceite. Si el tanque de abastecimiento de aceite está debajo del nivel de la bomba, es **INDISPENSABLE** llenar la línea con aceite completamente antes de poner la bomba en marcha para evitar daño al engranaje de la bomba. Esto será el resultado de operación sin lubricación suplido por el aceite combustible. Por eso no debe emplearse fluidos no lubricantes, como la nafta, para cebar la línea. Si el abastecimiento de combustible proviene de un lazo a presión, se asume que la presión del lazo se encuentra a 75 psi al menos. La caldera en este caso no tendría una bomba suministrada como equipo estándar. Bajo tales circunstancias hay que ajustar la válvula de escape en el bloque terminal al punto en que no funciona. Al terminar con el cebo de la línea de succión y antes del arranque inicial, examine de nuevo a ver si todos los tapones, conexiones, etc. están bien apretados para evitar goteo. Las calderas con equipo estándar tienen un interruptor selector integrado al arranque del motor de la bomba de aceite. Dé energía momentáneamente al arranque para verificar si la bomba tiene la rotación correcta. Comprobada ésta, ponga la bomba en marcha para verificar la circulación del aceite. Lea el manómetro de presión de aceite para saber si ya se ha establecido el flujo de aceite. Si después de algunos minutos el manómetro no marca presión, pare la bomba y vuelva a cebarla. Un vacuómetro (manómetro de presión positiva y negativa) debe ser instalado a la entrada de succión de la bomba y observado para ver lo que marca, anotándolo para referencia en el futuro. Si las

condiciones de un vacuo existen, estos datos revelarán la calidad del sistema como vacuo. Se aconseja mantener un vacuo de menos de 10" W.C. Un vacío que sobrepasa este valor puede dejar el aceite vaporizar resultando en cavitación y condiciones inestables de fogeo.

- 11) Presión del aceite: La presión del abastecimiento de aceite es controlada por medio de ajustes en la válvula de escape de presión al bloque terminal (figura 10). Se debe instalar un manómetro de presión y ajustar la válvula de escape para conseguir una indicación mínima de 75 psi cuando el quemador está operando a su potencia máxima. Cuando un lazo a presión suministra el aceite a varias calderas conectadas, la válvula de escape en el lazo debe mostrar esta indicación. En esta circunstancia hay que ajustar la válvula de escape en el bloque terminal de manera que no funcione en ninguna capacidad (o sea que la quite y tape los agujeros). El manómetro de presión marcará un valor algo más bajo al prender la llama principal e irá bajándose un poco mientras aumenta la asignación del fogeo. Una regulación final de flujo de aceite al inyector puede hacerse más tarde, si se necesita, ajustando los tornillos de ajuste en la leva moduladora. Presión del aceite recomendada en operación de alto fogeo:

Abastecimiento de aceite75 psi

Presión del aceite al quemador 30 - 45 psi

- 12) Para el arranque inicial o arranque "en frío", el interruptor manual-automático debe estar en la posición "manual" y el control manual de la llama colocado en "close" .
- 13) Después del arranque de la caldera, se hace un precalentamiento de 20 a 30 minutos o hasta que la presión de vapor indique en el manómetro 40 lbs de presión. Esto se realiza a fuego bajo y a 12 lbs. de presión de aire para atomización

- 14) Luego de haber alcanzado la presión de trabajo (en la caldera de laboratorio es 40lbs) se debe mover el interruptor a la posición de automático, para que automáticamente las demandas de carga rijan la asignación de fogueo por medio del control modulador. En nuestro caso en el laboratorio la presión de trabajo requerida o preestablecida es 90 lbs. mínima y 125 lbs máxima. También se puede trabajar de forma manual teniendo el control y cuidado constantemente para no rebasar los límites de presión de trabajo o los límites de presión que controla la válvula de seguridad - cuando se trabaja en forma manual se debe manipular las válvulas que suministran petróleo de acuerdo a las condiciones de carga o requerimientos de vapor
- 15) Cuando se alcanza las 60 lbs. de presión de vapor, se procede a abrir las llaves o válvulas que darán paso al vapor a los puntos de trabajo o requerimientos de vapor. (En nuestro caso, se abren las válvulas o llaves que conducen el vapor a lavandería, dietética y general). Nota. Es importante que la temperatura del agua del tanque de condensado o agua de alimentación esté a 60 grados centígrados, ya que produce un considerable ahorro de energía al suministrar agua a elevada temperatura, por que se necesita menos energía calorífica (menos combustible por quemar) para llevar el agua al punto de ebullición o al punto que el agua se convierte en vapor, y lo más importante evita que se produzca daños severos por medio de choques térmico si se introdujera agua fría en el interior de la caldera.
- 16) Preparaciones para fogueo con aceite núm. 6 o bunker, series 400-600: Antes del fogueo inicial, hay que establecer y verificar el flujo, la temperatura y la presión de aceite. La presión de aire para atomización debe ser establecida como lo explica el paso 7. El diagrama esquemático del flujo de aceite pesado, número seis (figura 15) demuestra el flujo de aceite y aire para atomización.

17) Si el quemador pertenece a una unidad combinada (gas - aceite), cerciórese que la llave de cierre de gas principal esté cerrada y el interruptor selector de gas/aceite esté en la posición "oil." Mueva el conjunto del tirador a la posición delantera y ponga la aldaba en posición. Vea la figura 15.

Figura 15. Diagrama esquemático del flujo de aceite pesado

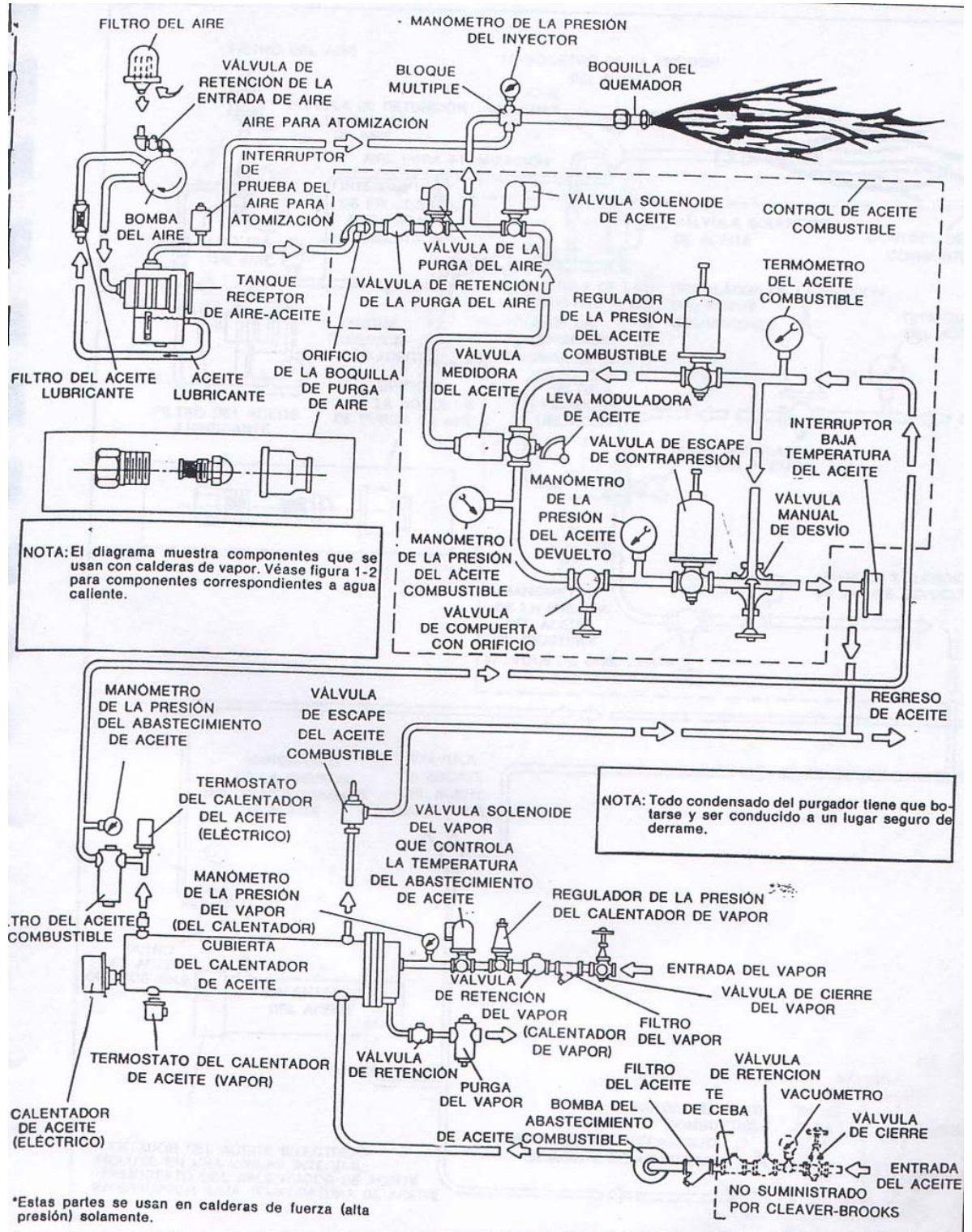
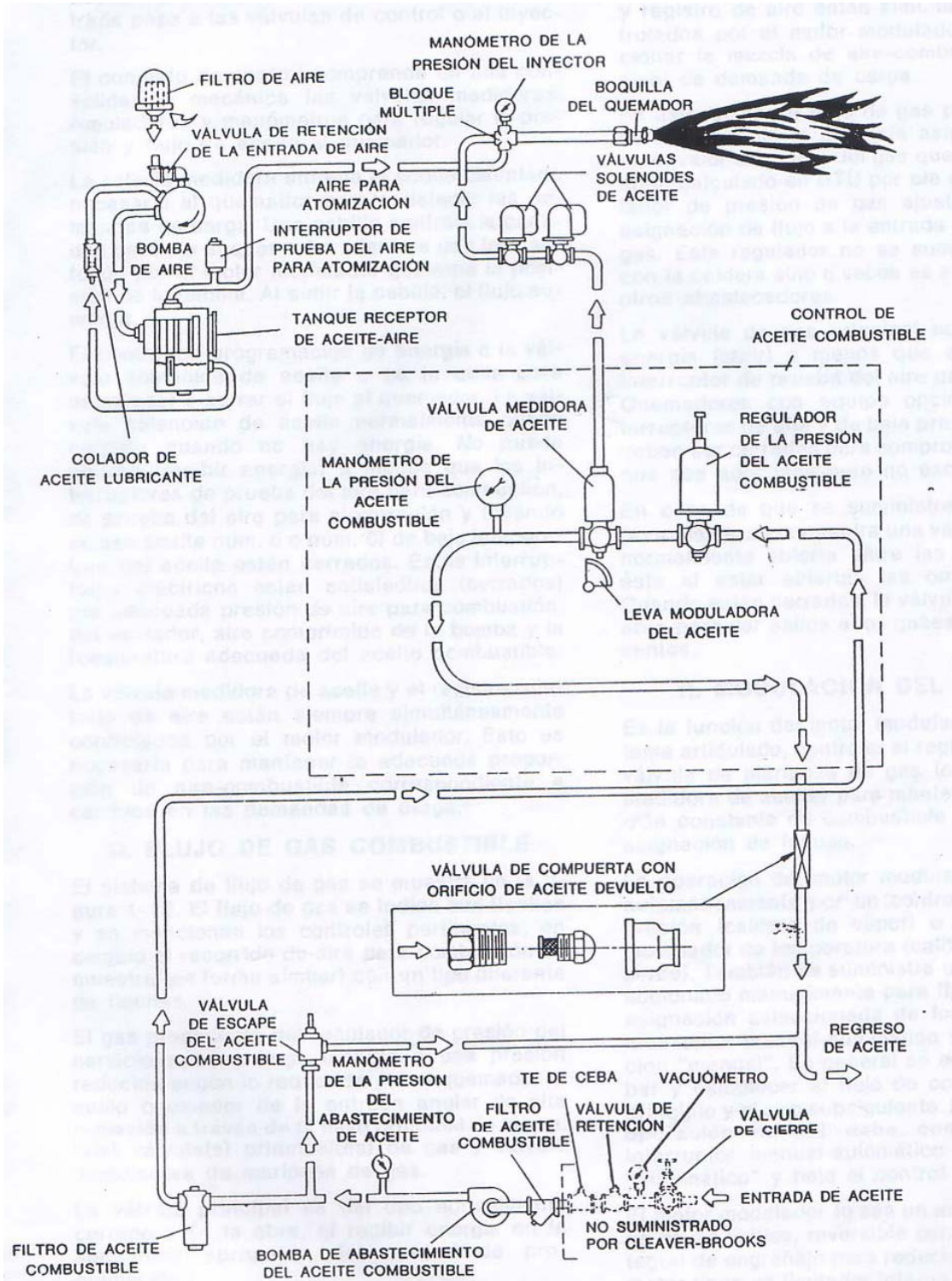


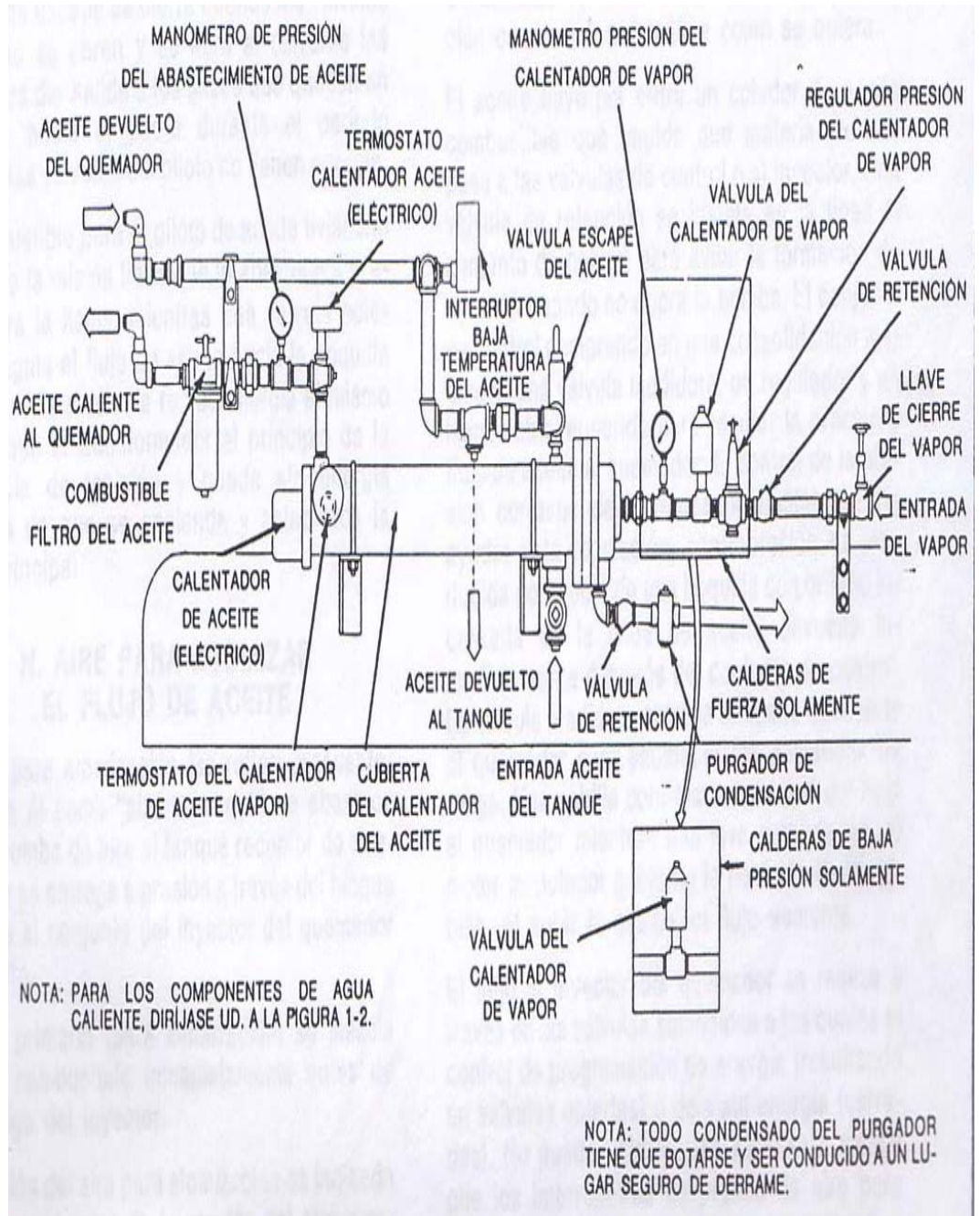
Figura 16. Diagrama esquemático del flujo de aceite liviano



- 18) Flujo de aceite: Abra todas las válvulas en las líneas de succión y de regreso del aceite. Abra la válvula de desvío en el conjunto de control del aceite combustible (figura 16) hasta establecerse el flujo de aceite. Normalmente la válvula con orificio se deja en una posición cerrada. Sin embargo, en los arranques "en frío" se la puede abrir por cortos períodos para ayudar a establecer el flujo de aceite.
- 19) Dé energía momentáneamente al arranque para verificar si la bomba tiene la rotación correcta. Una vez comprobada ésta, ceba con aceite el colador de la línea de succión y haga arrancar la bomba de aceite combustible cerrando su interruptor de entrada de fuerza y observe el manómetro de la presión del conjunto de control para saber si ya se ha establecido el flujo de aceite. Si después de unos pocos minutos el manómetro no marca presión, para la bomba y vuelva a cebarla de nuevo. Aceite pesado en el tanque de abastecimiento tiene que estar a tal temperatura que pueda suplir 100 la viscosidad de aceite necesaria a un flujo a través de la bomba de aceite y líneas de succión. Si el flujo de aceite no se establece después de cebarla dos o tres veces, se exige identificar y corregir las condiciones que impiden el flujo para que el mecanismo interno de la bomba no sufra daños.
- Presión del aceite: Se regula la presión del aceite en varios lugares distintos. El primero está en la válvula de escape en el calentador de aceite (figura 17). Los otros ajustes pertenecen a los reguladores en el conjunto de control (figura 15). Ajuste el regulador de presión de aceite combustible de modo que el manómetro de presión del aceite al quemador muestre una asignación de 45 psi. Una vez prendido el quemador se puede hacer más ajustes a estas válvulas si se necesitan. Los manómetros de presión indicarán valores más bajos cuando la llama principal se encienda. La presión disminuirá al subir la

asignación de fogueo y viceversa. Las indicaciones en los dos manómetros del conjunto de control, a pesar de esta fluctuación, retendrán una diferencia casi constante de 10 psi. Una regulación final de flujo de aceite al inyector puede hacerse más tarde, si se necesita, ajustando los tornillos de ajuste en la leva moduladora.

Figura 17. Sistema de precalentamiento del aceite



20) Temperatura del aceite: ADVERTENCIA. Antes de accionar el interruptor del calentador de aceite a "on" cerciórese que la cámara del calentador esté llena de aceite combustible, probado por la indicación que se lee en el manómetro de presión del aceite combustible. Al verificar que la cámara está llena y hay circulación del aceite combustible, mueva el interruptor del calentador de aceite a "on" haciéndolo funcionar. Ajuste el termostato eléctrico del calentador (figura 24.8) para mantener la temperatura del aceite aproximadamente a los 200° grados °F. El calentador eléctrico en calderas equipadas para aceite número 6 es de un tamaño capaz de abastecer suficiente aceite calentado solamente para la asignación mínima de bajo fogueo y se suministra este calentador primariamente como conveniencia en arranques "en frío." Se suministran serpentines que utilizan o vapor o agua caliente para calentar mayores cantidades de combustibles; así, tan pronto como el vapor o el agua caliente estén disponibles se puede realizar las asignaciones más altas de fogueo. Bajo operación normal, el termostato que gobierna el elemento eléctrico de calefacción se mantiene en una asignación más baja que el termostato que gobierna la entrada de vapor o agua caliente al calentador, o de la circulación de agua caliente, a fin de que no efectúe la calefacción por medios eléctricos excepto cuando el vapor o el agua caliente no estén disponibles. Ajuste el termostato de vapor (figura 23) o el termostato de agua caliente para mantener una temperatura del aceite entre los 220 y 230 ° grados F. El calentador eléctrico se apagará tan pronto como el vapor o agua caliente suministre calor. NOTA: Las temperaturas citadas son tentativas, puesto que la composición del aceite combustible de un grado específico puede variar, necesitando una temperatura de precalentamiento más alta o más baja. La viscosidad del aceite en el inyector debe ser menos de 300 SSU y mejor menos de 150 SSU. La temperatura real del aceite al llegar al quemador debe ser

determinada por la apariencia de la llama y la buena combustión verificada por el análisis de gases en la chimenea (*análisis Orsat*). Cierre la válvula de desvío manual después de notar un ascenso de temperatura en el termostato del conjunto de control. Cerciórese de que el aceite caliente se mueve por entre el conjunto de control. Hay que cerrar la válvula de compuerta con orificio también. Si baja la temperatura, abra la válvula de compuerta hasta notar un ascenso y luego ciérrela. Una vez establecidas las asignaciones correctas de los termostatos del calentador, fije el interruptor de baja temperatura del aceite (figura 23) a un valor proxímadamente 30° grados más bajo que la temperatura normal de fogeo. Si el sistema está equipado con un interruptor de alta temperatura del aceite, debe fijarse para abrirse a una temperatura 20 - 30° grados más alta que la de operación normal.

- 21) Arranque: Cuando todas las condiciones tratadas aquí o en los pasos anteriores se han conseguido, el quemador está listo para el encendido.
- 22) Arranque, Operación y Parada - cualquier combustible- : Cuando se quema aceite, cerciórese de que el tirador de aceite esté en la posición delantera y asegurado con la aldaba. Vea la figura 14. Cuando se quema gas hay que retirar el tirador y asegurarlo en la posición trasera. El interruptor selector tiene que corresponder al combustible en sus posiciones de "gas" o "aceite".

El quemador continuará operando en fogeo modulado hasta alcanzar el límite de temperatura o presión para operación a menos que:

1. El quemador sea puesto manualmente en "off".
2. El control de bajo nivel encuentre que hay bajo nivel de agua.
3. Se interrumpa la corriente o el abastecimiento de combustible.
4. La presión del aire para combustión o para atomización baje del nivel mínimo.

NOTA: Otros motivos de parada posibles son sobrecarga del motor, falla de las llamas, cortacircuitos, fusibles quemados, o paradas debidas a otros dispositivos de seguridad interconectados en los circuitos. En situaciones de parada normal, o por el control de límite para operación o por colocar el interruptor del quemador manualmente en "off", la luz indicadora de demanda de carga no sigue encendida. Paradas debidas a condiciones que hacen funcionar los controles de seguridad o de interconexión actúan la luz de falla de llama (y el timbre de alarma, si se usa) y la luz de demanda de carga seguirá encendida. Se exige que la razón para este tipo de parada sea localizada y corregida antes de que se pueda reanudar la operación.

Parada: Si el control de límite para operación alcanza su asignación para abrir el circuito o si el interruptor del quemador es movido a la posición "off", se desarrolla la secuencia siguiente: La(s) válvula(s) del combustible queda sin energía y se apaga la llama principal. El motor cronométrico comienza a funcionar y el soplador sigue operando para forzar aire por el hogar durante el período de pospurga. Al fin del período de pospurga el motor queda sin energía. El motor cronométrico ha vuelto a su posición original y se para. La unidad está lista para empezar de nuevo.

4.6 Apagado de la caldera

Procedimiento: Antes de proceder a apagar la caldera, realizar los siguientes pasos:

- 1) Posicionar el interruptor manual - automático en la posición de manual y/o a fuego bajo (siempre se debe de apagar la caldera en fuego bajo).
- 2) Estando el interruptor posicionado en manual y la llama a fuego bajo, mueva el interruptor del quemador a la posición "off". Esto desarrollará la secuencia siguiente:

- a) La(s) válvula(s) del combustible queda sin energía y se apaga la llama principal.
- b) El motor cronométrico comienza a funcionar y el soplador sigue operando para forzar aire por el hogar durante el período de pospurga.
- c) Al fin del período de pospurga el motor queda sin energía. El motor cronométrico ha vuelto a su posición original y se para. La unidad está lista para empezar de nuevo.
- d) Una vez apagada la caldera, cerrar válvula de desvío manual y válvula de compuerta con orificio.
- e) Apagar bomba de recirculación de petróleo.
- f) Purgar columna de agua del McDonnell & Miller y purgas de fondo durante 10 segundos cada una.
- g) Se espera que la presión de vapor disminuya a 40 lbs., luego se cierran las válvulas o llaves del manifold de distribución de vapor (en nuestro caso la de lavandería, dietética, y general).
- h) Se saca el cañón para la combustión y se espera a que se enfríe.
- i) Una vez que se enfrió el cañón para la combustión se procede a la limpieza de la boquilla. Para ello se debe desmontar la boquilla del cañón y limpiarlo del carbón que se le forma.

Nota: Cerciórese de no dejar ninguna llave abierta por donde pueda escaparse el vapor generado inmediatamente después de la parada o apagado de la caldera, ya que los tubos que se encuentran a alta temperatura continúan produciendo vapor, el cual, al escaparse en el caso de que se deje alguna llave de suministro de vapor abierta puede dejar sin agua el receptáculo de presión ocasionando daños o condiciones indeseables (sobrecalentamiento) en los tubos, el receptáculo de presión, cámara de combustión y refractarios.

4.7 Conclusiones

1. Dentro de una planta generadora de vapor es importante tener en cuenta los pasos de arranque y apagado de la maquinaria no solo por protección de la maquinaria sino del personal mismo que se encuentra allí, por lo cual de gran interés que los ingenieros mecánicos conozcan la secuencia correcta.
2. El precalentamiento del combustible es de suma importancia ya que de este dependerá la correcta combustión y proceso de evaporación, además que del mismo dependerá la vida del equipo de la caldera.
3. En las calderas pirotubulares se debe tener en cuenta el nivel de agua ya que se corre riesgo de dañar las tuberías como el cuerpo de la caldera.

4.8 Investigación

Investigue y responda las siguientes preguntas en el reporte a entregar en la siguiente práctica.

- a. Diferencias existentes en el encendido y apagado entre una caldera acuotubular y pirotubular
- b. ¿En qué afecta un mal flujo de aire para el encendido de una caldera?
- c. ¿Cuál es el mínimo nivel de agua que debe existir en una caldera pirotubular?
- d. Por grupos se debe elaborar un video donde se muestre el arranque de una caldera y el apagado respectivo.

5. PRÁCTICA 4: TIRO Y CHIMENEA

5.1 Introducción

En este capítulo nos centraremos en la evacuación del humo y gases calientes que salen de la caldera por medio de chimeneas, basándonos en el concepto de tiro.

Una chimenea es un sistema usado para evacuar gases calientes y humo de calderas a la atmósfera. Como norma general son completamente verticales para asegurar que los gases calientes puedan fluir sin problemas, moviéndose por convección térmica (diferencia de densidades). También existen las chimeneas que no son completamente verticales, que se instalan en salas de calderas para evacuar los humos a través de orificios efectuados en los paramentos. A la corriente de aire que origina el fuego y que hace que el humo ascienda por la chimenea se le denomina "tiro".

Muy poca importancia se ha dado este tema desde del punto de vista del impacto ambiental que tiene en el ecosistema, pero existen países donde la altura de las chimeneas esta normado por Ministerios de Ambiente, ya que este afecta grandemente a quienes están en zonas cercanas a las plantas térmicas.

5.2 Objetivos de la práctica

- Calcular la altura de una chimenea de acuerdo a las diferentes condiciones en que se encuentre la caldera.
- Aplicar el concepto de tiro y sus distintas aplicaciones
- Conocer normativas de medio ambiente para evacuación de gases.

5.3 Materiales y equipo

- Manual de laboratorio
- Cuaderno de apuntes y lapicero
- Calculadora

5.4 Metodología de trabajo

- a) La práctica se desarrollará en una sesión de trabajo
- b) Se realizará una clase magistral
- c) Se realizará cálculo de la altura de la chimenea del laboratorio del curso .

5.5 Chimeneas

Son los elementos encargados de evacuar los humos hasta el exterior de los edificios, por encima de la cubierta de los mismos. Su trazado es vertical prácticamente en su totalidad. Están constituidas por Conducto de humos, que es el conducto interior por el que circulan los gases procedentes de la combustión y la envolvente o estructura aislante y resistente.

En la República de Guatemala no existen lineamientos de alturas mínimas y ubicaciones específicas para la instalación de una chimenea, por lo que es importante tomar en cuenta el impacto ambiental que se provocará al medio que rodee las instalaciones.

Actualmente, en Sur América se tiene normado que las instalaciones industriales con chimeneas para la emanación de gases se deben colocar a un radio de 3 km de cualquier zona residencial y aunque no está normada la altura mínima, si está especificado que se debe examinar que tipo de gases se liberan a la atmósfera, centrándose en los mas dañinos para la vida animal y vegetal, como lo son: NO_x, CO y CO₂

5.6 Clasificación de las chimeneas

Las chimeneas pueden clasificarse de la siguiente manera:

5.6.1 Forma de funcionamiento

Esta es la clasificación más importante y como su nombre lo dice es la realizada según su forma de funcionamiento o tiro. Se distinguen los siguientes tipos:

- Tiro natural: la diferencia de presión es producida por la diferencia de densidades entre el aire ambiente y los productos de la combustión.
- Tiro artificial: la diferencia de presión es producida por medios mecánicos:
 - Tiro forzado: la evacuación de humos se realiza mediante ventiladores que impulsan los humos desde la parte baja de la chimenea, o extractores que lo extraen desde la parte alta.
 - Tiro inducido: el tiro se induce por efecto venturi mediante un ventilador.

5.6.2 Por el material

Por el material con el que están contruidos los conductos de humos las chimeneas se distinguen de la siguiente manera:

- De obra de fábrica: contruidas con materiales refractarios (ladrillos, hormigón, etc.).
- Metálicas: contruidas con materiales metálicos (acero inoxidable, vitrificado, etc.).

5.6.3 Por la forma constructiva

Según la forma del conducto de humos se clasifican las chimeneas así:

- Circulares.
- Elípticas.
- Cuadradas.
- Rectangulares

5.6.4 Por el número de usuarios

En función del número de usuarios a los que sirven se tienen dos tipos de chimeneas:

- Individuales: sirven para la evacuación de los humos producidos por un único usuario.
- Colectivas: evacúan los humos producidos por varios usuarios; a ellas desembocan los conductos de evacuación de humos de cada usuario.

Dentro de éstas se distinguen dos tipos:

- Chimenea formada por dos conductos, uno principal y otro auxiliar en el que se van conectando los diferentes conductos de evacuación de humos.
- Chimenea de conducto único, en la que se van conexionando los conductos de evacuación de humos de los distintos usuarios. Estas chimeneas pueden ser de sección constante o variable.

5.7 Tiro natural

Tiro natural de una chimenea es la depresión que se origina en su base, como consecuencia de la diferencia de presiones creadas por los gases contenidos en ella y la columna de aire exterior de la misma altura que la chimenea. La presión en el interior de la chimenea, en su base, es:

$$P_i = \text{peso humos/sección chimenea} = V_h \cdot \gamma_h / S_{ch}$$

V_h : volumen de humos en el interior de la chimenea.

γ_h : peso específico de los humos.

S_{ch} : sección de la chimenea.

$$P_i = S_{ch} \cdot H \cdot \gamma_h / S_{ch} = H \cdot \gamma_h$$

H : altura de la chimenea.

La presión en el exterior de la base de la chimenea, debida a la columna de aire de la misma altura que la chimenea es:

$P_e = \text{peso del aire} / \text{sección chimenea} = V_a \cdot \gamma_a / S_{ch}$

Donde: V_a : volumen de aire contenido en una columna de las mismas dimensiones que las interiores de la chimenea.

γ_a : peso específico del aire a la temperatura ambiente.

$$P_e = S_{ch} \cdot H \cdot \gamma_a / S_{ch} = H \cdot \gamma_a$$

El peso específico de los humos, al estar a una temperatura mayor que la del aire ambiente, siempre es menor que el peso específico del aire; por lo tanto $P_e > P_i$

Al ser la presión exterior mayor que la interior en la base de la chimenea, los humos sufren un empuje que tiende a evacuarlos hacia el exterior; este empuje es el tiro natural creado por la chimenea.

$$T = P_e - P_i = H\gamma_a - H\gamma_h = H \cdot (\gamma_a - \gamma_h)$$

$$T = H \cdot (\gamma_a - \gamma_h)$$

Analizando la expresión anterior se observa que el tiro natural aumenta:

- Con la altura de la chimenea: a mayor altura más tiro.
- Con el peso específico del aire ambiente: a mayor peso específico del aire más tiro. Como el peso específico del aire es mayor cuanto más baja sea su temperatura, el tiro será más elevado cuanto menor sea la temperatura exterior.
- Con la disminución del peso específico de humos: a menor peso específico de los humos más tiro. El peso específico de los humos disminuye conforme aumenta su temperatura, por tanto el tiro será mayor cuanto más alta sea la temperatura de humos.
- Un factor a tener en cuenta, sobre todo en el remate de las chimeneas es el efecto del viento

- Otros factores que también tienen influencia, aunque menor, en el tiro natural son la altura sobre el nivel del mar de la localidad de ubicación de la instalación, la humedad relativa del aire, etc.

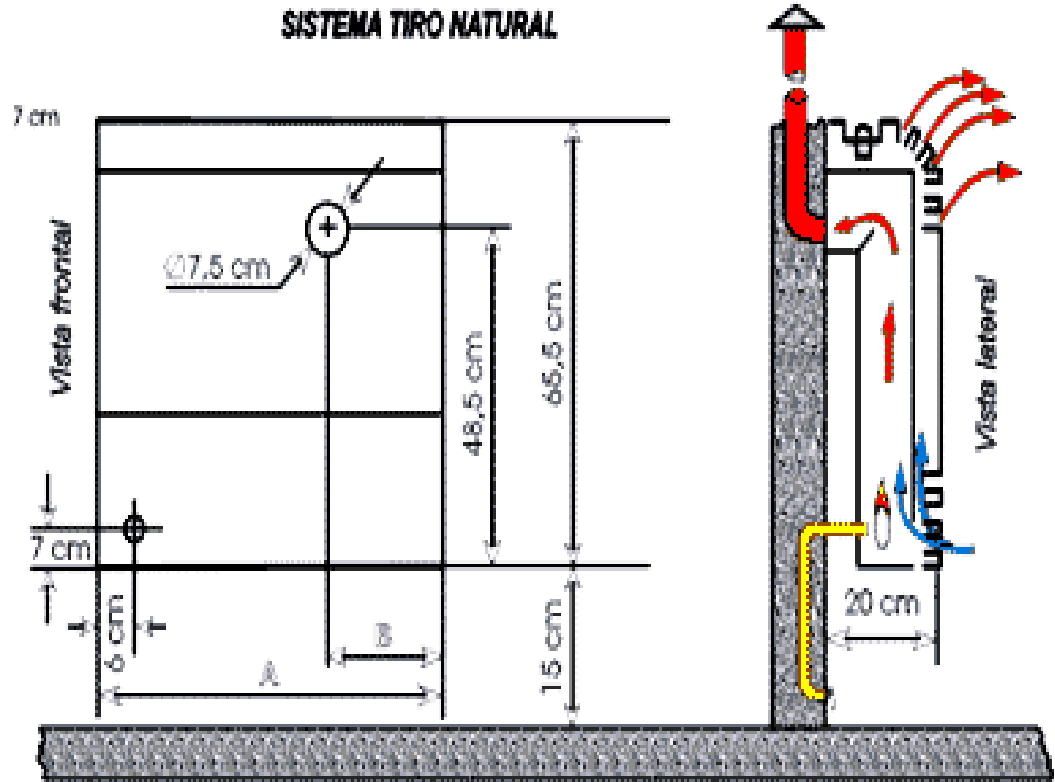
Para calcular la altura de una chimenea con tiro natural se utiliza la ecuación:

$$Q = C A \sqrt{2 g H \frac{T_i - T_e}{T_i}}$$

Donde:

- Q = caudal volumétrico de humo en la chimenea, m³/s
- A = área de la sección transversal del conducto, m²
- C = coeficiente de descarga (~ 0.65 a 0.70)
- g = aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²
- H = altura de la chimenea, m
- Ti = media de la temperatura de los gases, K
- Te = temperatura externa ambiente, K

Figura 18. Sistema de tiro natural



5.8 Tiro mecánico

El tiro es creado por elementos mecánicos como ventiladores o los motores mismos de la caldera que se diseñan en cada caso de manera adecuada a las necesidades, por este motivo no dependen tan directamente de las temperaturas exterior o de humos, ni de las circunstancias de presión atmosférica y humedad.

5.9 Conclusiones

1. Cuando se diseña una central térmica hay que tener ciertas consideraciones como lo son la ubicación de la planta, fuente de alimentación de agua y combustible, pero nunca se debe pasar por alto como se evacuarán los gases de escape los cuales pueden causarnos daño a la planta así como puede ser perjudicial a las personas que laboran en la misma o viven en las cercanías.
2. Es importante remarcar como calcular la altura de nuestra chimenea
3. Es necesario tener en cuenta que tipo de tiro necesitaremos según las necesidades de la planta de vapor.

5.10 Investigación

Investigue y responda las siguientes preguntas en el reporte a entregar en la siguiente práctica.

- a. ¿Qué normas internacionales existen en el regulamiento de evacuación de gases?
- b. ¿De qué materiales puede ser construida una chimenea, y en qué afecta a la evacuación de gases?
- c. ¿Por qué afecta la emisión de gases a la atmósfera y cómo lo hace?
- d. Explique que diferencia existe entre tiro inducido y forzado

- e. ¿Qué semejanzas y diferencias encuentra entre chimenea y torre de enfriamiento?

- f. ¿En qué afectan los accesorios y el aire en la salida de gases?

- g. ¿Cómo puede darse una caída de presión en la salida de gases?

6. PRÁCTICA 5: TURBINAS DE VAPOR

6.1 Introducción

En este capítulo se estudiarán las turbina de vapor que no es mas que una turbo máquina motora, que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el vapor y el rodete, órgano principal de la turbina, que cuenta con palas o alabes los cuales tienen una forma particular para poder realizar el intercambio energético. Las turbinas de vapor están presentes en diversos ciclos de potencia que utilizan un fluido que pueda cambiar de fase, entre éstos el más importante es el ciclo Rankine, el cual genera el vapor una caldera, de la cual sale en condiciones de elevada temperatura y presión. En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, típicamente, es aprovechada por un generador para producir electricidad.

6.2 Objetivos de la práctica

- Conocer el funcionamiento de una turbina de vapor
- Conocer las partes de una turbina
- Aplicar conocimientos de una turbina de acción y reacción

6.3 Materiales y equipo

- Manual de laboratorio
- Cuaderno de apuntes y lapicero
- Calculadora
- Cámara fotográfica (Para visita técnica)

6.4 Metodología de trabajo

- a) La práctica se desarrollará en una sesión de trabajo
- b) Se realizará una clase magistral
- c) Se realizarán visitas técnicas con el fin de obtener una visión mas clara del funcionamiento de una turbina
- d) Se realizará una maqueta funcional por grupo de una turbina de acción y reacción

6.5 Turbinas de vapor

La turbina de vapor es una máquina de fluido en la que la energía de éste pasa al eje de la máquina saliendo el fluido de ésta con menor cantidad de energía. La energía mecánica del eje procede en la parte de la energía mecánica que tenía la corriente y por otra de la energía térmica disponible transformada en parte en mecánica por expansión. Esta expansión es posible por la variación del volumen específico del fluido que evoluciona en la máquina. El trabajo disponible en la turbina es igual a la diferencia de entalpía entre el vapor de entrada a la turbina y el de salida. El hecho de la utilización del vapor como fluido de trabajo se debe a la elevada energía disponible por unidad de kg de fluido de trabajo. En este el caso del agua es tres veces mayor que en el caso del aire de forma para dos turbinas, una de vapor y otra de gas con la misma potencia de salida se tiene que el gasto másico de la turbina de vapor es tres veces menor que el de la turbina de gas.

Dada la gran diferencia que se debe obtener entre la presión de entrada y de salida de la turbina es necesario producir esta expansión en distintas etapas, escalonamientos, con el fin de obtener un mejor rendimiento de la operación.

6.6 Clasificación de turbinas

Existen las turbinas de vapor en una gran variedad de tamaños, desde unidades de 1 hp (0.75 kW) usadas para accionar bombas, compresores y otro equipo accionado por flecha, hasta turbinas de 2,000,000 hp (1,500,000 kW) utilizadas para generar electricidad. Hay diversas clasificaciones para las turbinas de vapor modernas, y por ser turbo máquinas son susceptibles a los mismos criterios de clasificación de éstas. Por otro lado, es común clasificarlas de acuerdo a su grado de reacción:

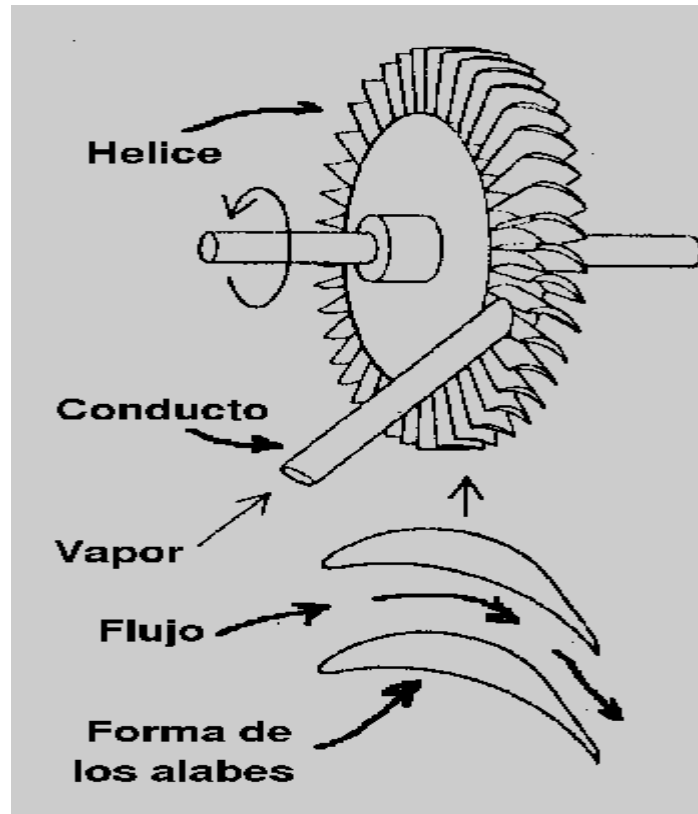
6.6.1 Turbinas de acción

El cambio o salto entálpico o expansión es realizada en los alabes directores o las toberas de inyección si se trata de la primera etapa de un conjunto de turbinas, estos elementos están sujetos al estator. En el paso del vapor por el rotor la presión se mantendrá constante y habrá una reducción de la velocidad.

6.6.2 Turbinas de reacción

La expansión, es decir, el salto entálpico del vapor puede realizarse tanto en el rotor como en el estator, cuando este salto ocurre únicamente en el rotor la turbina se conoce como de reacción pura.

Figura 19. Turbina



6.7 Elementos de una turbina de vapor

Los elementos principales de una turbina de vapor son:

- Rotor: Es el elemento móvil del sistema. La energía desprendida por el vapor en la turbina se convierte en energía mecánica en este elemento. Dado que la turbina está dividida en un cierto número de escalonamientos, el rotor está compuesto por una serie de coronas de alabes, uno por cada escalonamiento de la turbina. Los alabes se encuentran unidos solidariamente al eje de la turbina moviéndose con él.

Figura 20. Rotor

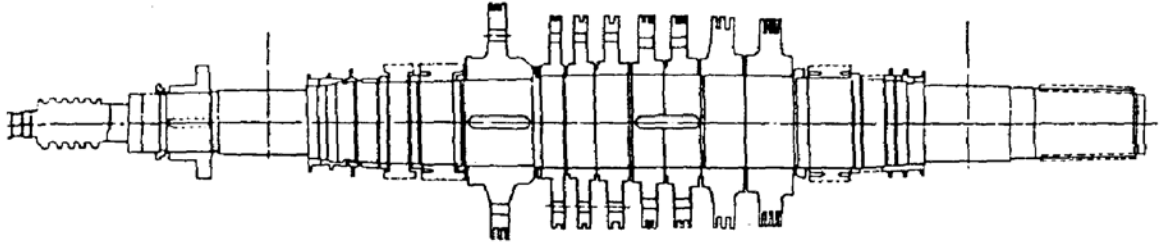
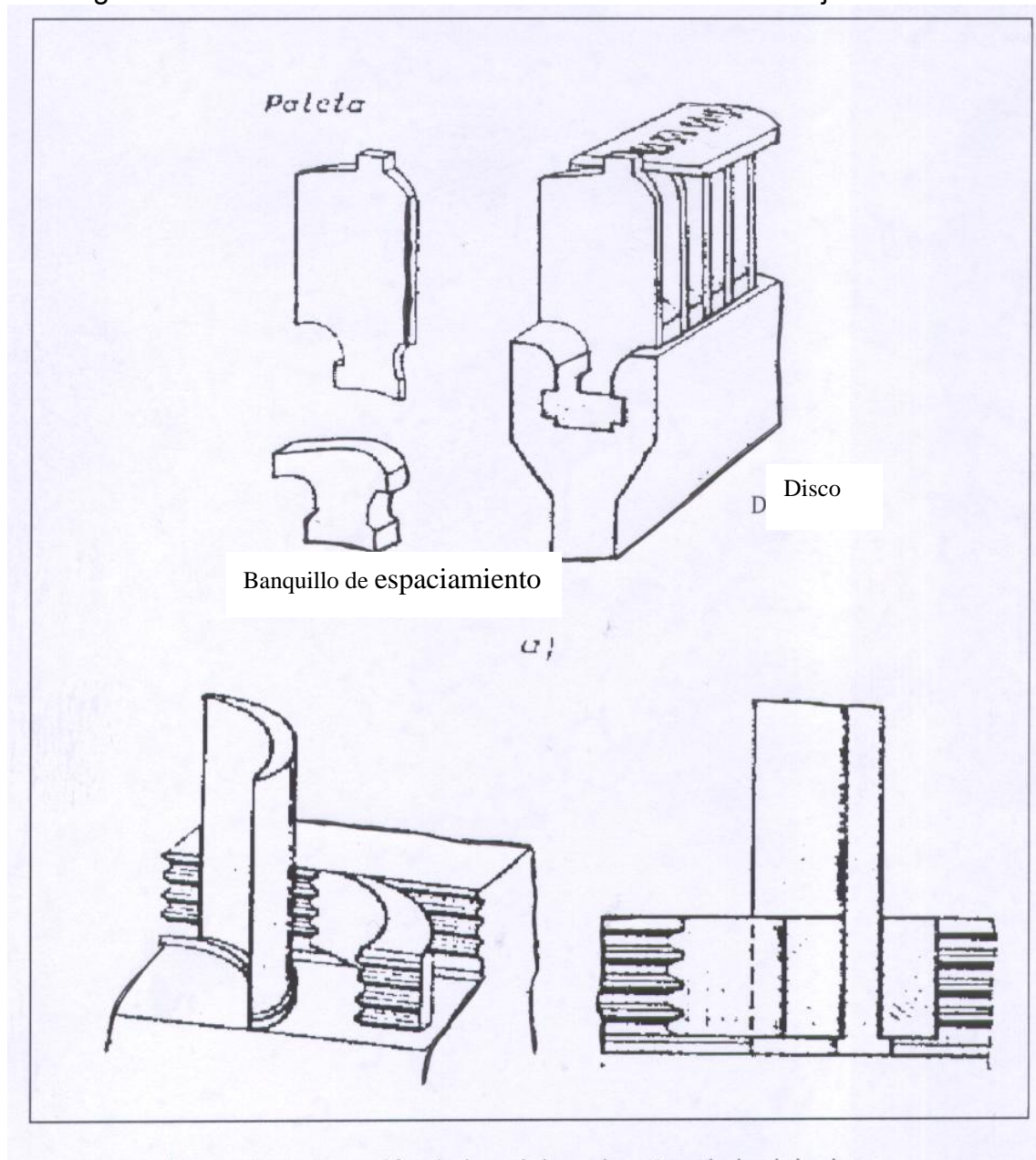
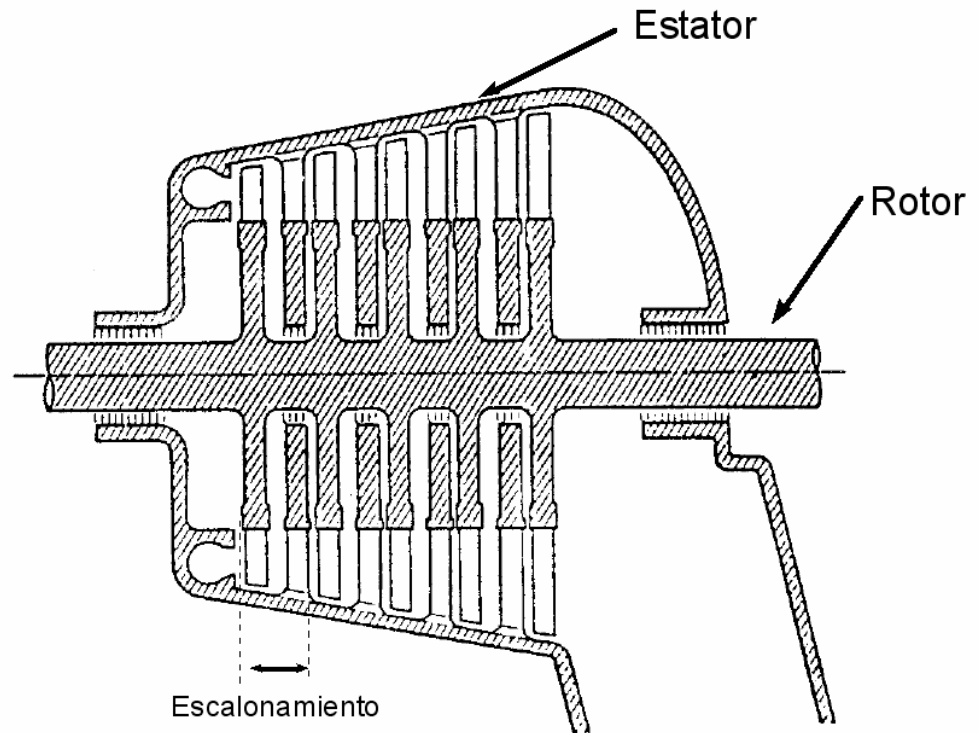


Figura 21. Mecanismo de unión de los alabes de rotor al eje del mismo



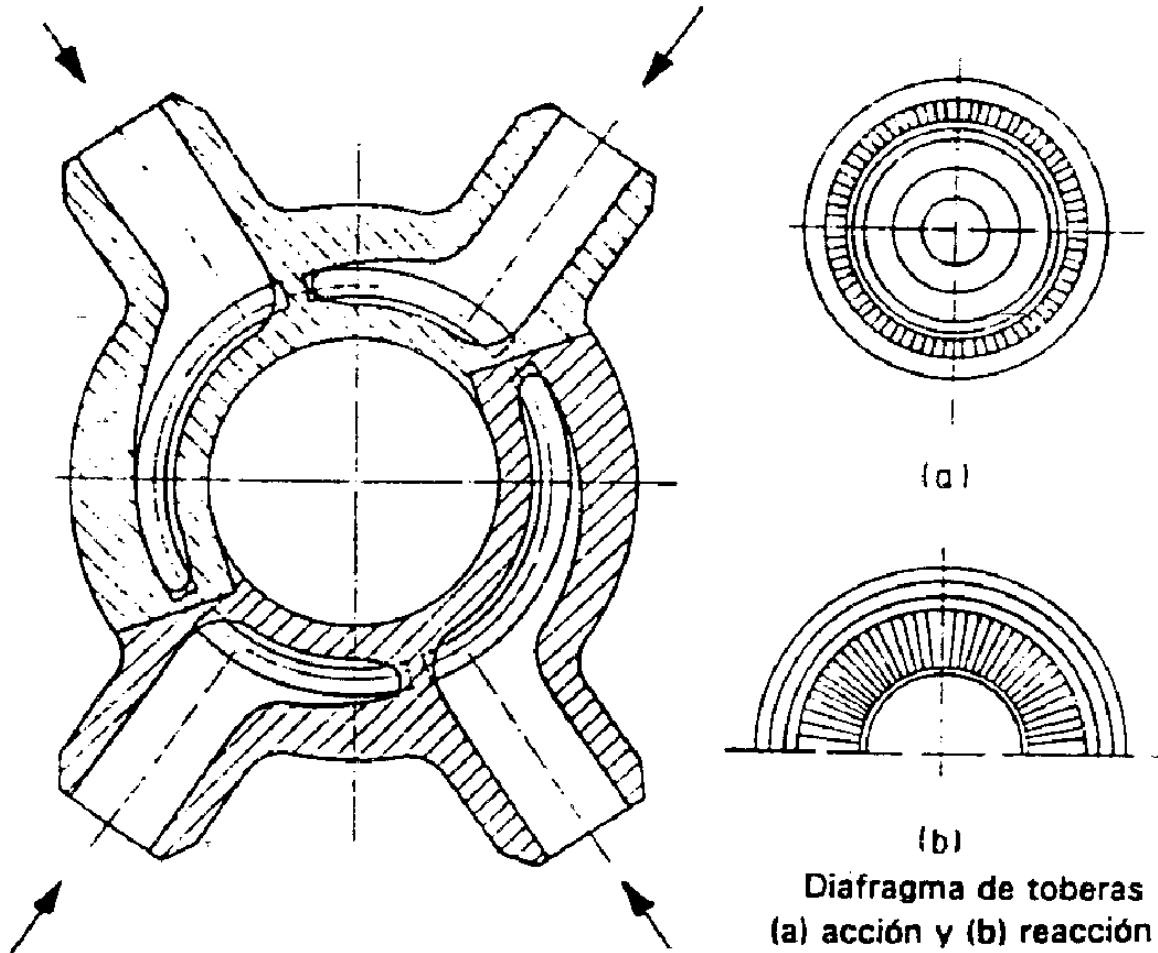
- Estator: El estator está constituido por la propia carcasa de la turbina. Al igual que el rotor, el estator está formado por una serie de coronas de alabes, correspondiendo cada una a una etapa o escalonamiento de la turbina.

Figura 22. Estator



- Toberas: El vapor es alimentado a la turbina a través de estos elementos. Su labor es conseguir una correcta distribución del vapor entrante/saliente al/desde el interior de la turbina.

Figura 23. Toberas



6.8 Conclusiones

1. En la industria energética cada vez más se utilizan las turbinas de vapor, debido a que las plantas térmicas se vuelven necesarias por la facilidad de obtención de agua sin necesidad de un desnivel o caída de la misma.
2. Una turbina funciona con un chorro de vapor de agua a elevada presión y temperatura, que se hace incidir de manera adecuada sobre una hélice con alabes de sección apropiada.

3. Durante el paso del vapor entre los alabes de la hélice, este se expande y enfría entregando la energía y empujando los alabes para hacer girar la hélice colocada sobre el eje de salida de la turbina.

6.9 Investigación

Investigue y responda las siguientes preguntas en el reporte.

- a. ¿Qué otras clasificaciones existen para las turbinas?
- b. ¿Qué ángulos de incidencia deben existir entre los alabes y el flujo de vapor?
- c. ¿Qué tipo de vapor recomienda para producir energía?
- d. ¿De qué materiales está construida una turbina de vapor?
- e. ¿Qué diferencias existen entre una turbina de vapor y una de agua?
- f. ¿Cómo se da mantenimiento a una turbina?
- g. Realizar por grupo una maqueta funcional sobre una turbina de acción y reacción

CONCLUSIONES

1. El curso de Plantas de Vapor necesita un cambio en su forma de ser impartido cambiando de una totalidad teórica a un curso dividido en partes teóricas y prácticas.
2. Es necesario contar con material de apoyo específico para profundizar en los diferentes temas o áreas para una mejor comprensión de los mismos.
3. Con la realización de prácticas de laboratorio, el estudiante logra familiarizarse con los diferentes equipos y herramientas implicando esto mayor aplomo y confianza en si mismo al momento de desempeñarse en el campo laboral.
4. Debido a la gran demanda energética que sufre el país, es necesario que los ingenieros mecánicos estén familiarizados con el equipo de una central térmica.
5. Debido al alto costo de los combustibles es necesario implementar fuentes alternativas de creación de energía, para optimizar la utilización de los recursos.
6. La necesidad del ahorro de energía obliga a conocer todos aquellos factores que ocasionan directamente la pérdida de combustible.

RECOMENDACIONES

1. Una vez aprendido los conceptos teóricos relacionados con una caldera, es necesario realizar la parte práctica, para lograr así una mejor comprensión y retención de los mismos.
2. Debido a limitaciones de horario y espacio físico, la parte práctica debe de realizarse según cronograma de distribución de grupos y horarios.
3. El catedrático o encargado de dirigir la práctica, deberá dar una explicación introductoria para disipar dudas acerca del procedimiento a seguir.
4. Si no se cuenta con los recursos económicos para la compra de equipo e implementación de un laboratorio, puede solicitarse colaboración a la iniciativa privada para poder realizar visitas de campo en las diferentes empresas del país, y así reforzar los conocimientos teóricos impartidos en el curso de Plantas de Vapor.
5. Es aconsejable aplicar conocimientos de calderas para la completa realización y aprendizaje profesional, fundamentándose este trabajo de graduación en la reestructuración de las prácticas de laboratorio del curso plantas de vapor, se recomienda utilizar la caldera que se encuentra en el laboratorio del edificio T-5.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jorge Luis de León Roque, Guía de prácticas de laboratorio en calderas pirotubulares de cuatro pasos para el curso de plantas de vapor, 2006
2. La producción de energía mediante aire, vapor y gas. 3ª ed. México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana de México, 1997. 503 pp.
3. Elonka, Steve. Manual para operadores de plantas industriales. 3ª ed. México, D.F.: McGraw –Hill/Interamericana de México, 1988. 246 pp
4. Elonka, Stephen Michael.; Robinson, Joseph Frederick. Operación de plantas industriales: Preguntas y respuestas. 2ª ed. México D.F.: McGraw-Hill/ Interamericana de México, 1988. 384 pp.